



## **TUGAS AKHIR - TJ 141502**

### **PENGEMBANGAN SISTEM PENGHITUNG JUMLAH KENDARAAN MEMANFAATKAN CITRA AERIAL yang DIAMBIL dengan PESAWAT TANPA AWAK**

Susilo Budi Prakoso  
NRP 07211340000001

Dosen Pembimbing  
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.  
Arief Kurniawan, ST., MT.

Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - TJ 141502**

**DEVELOPMENT of VEHICLE COUNTING SYSTEM UTILIZING  
AERIAL IMAGE TAKEN with UNMANNED AERIAL VEHICLE**

Susilo Budi Prakoso  
NRP 07211340000001

Advisor  
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.  
Arief Kurniawan, ST., MT.

Departement of Computer Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## PERNYATAAN KEASLIAN

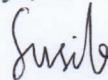
### TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Pengembangan Sistem Penghitung Jumlah Kendaraan Memanfaatkan Citra Aerial yang Diambil dengan Pesawat Tanpa Awak”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak dizinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2018



Susilo Budi Prakoso

07211340000001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### Pengembangan Sistem Perhitung Jumlah Kendaraan Memanfaatkan Citra Aerial yang Diambil dengan Pesawat Tanpa Awak

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh : Susilo Budi Prakoso (NRP. 07211340000001)

Tanggal Ujian : 4 Januari 2018

Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh :

Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.  
NIP. 197504192002121003

(Pembimbing I)

Arief Kurniawan, S.T., M.T.  
NIP. 197409072002121001

(Pembimbing II)

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.  
NIP. 196907301995121001

(Penguji I)

Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T., M.Sc.  
NIP. 198012192005012001

(Penguji II)

Muhtadin, S.T., M.Sc.  
NIP. 198106092009121003

(Penguji III)

Mengetahui  
Kepala Departemen Teknik Komputer  
Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.  
NIP. 196907301995121001



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Susilo Budi Prakoso  
Judul Tugas Akhir : Pengembangan Sistem Penghitung Jumlah Kendaraan Memanfaatkan Citra Aerial yang Diambil dengan Pesawat Tanpa Awak  
Pembimbing : 1. Ahmad Zaini, ST., M.Sc.  
2. Arief Kurniawan, ST., MT.

Data jumlah kendaraan diperlukan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas pada suatu jalan. Terdapat beberapa cara untuk mendapatkan data jumlah kendaraan, salah satunya yaitu dengan menggunakan *Traffic IP-Camera*. *Traffic IP-Camera* dipasang pada tiang lampu lalu lintas pada suatu persimpangan dan tidak terpasang di sepanjang jalan. Karena infrastruktur *Traffic IP-Camera* bersifat statis, terdapat area yang tidak dapat dijangkau. Pada kondisi tersebut dibutuhkan *movable camera* yang dapat mengunjungi suatu area yang tidak dapat dijangkau oleh *Traffic IP-Camera*. Sehingga pesawat tanpa awak dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan citra aerial lalu lintas yang tidak dapat dijangkau oleh *Traffic IP-Camera*. Oleh karena itu, dikembangkanlah sistem penghitung jumlah kendaraan memanfaatkan citra aerial yang diambil dengan pesawat tanpa awak. Berdasarkan hasil pengujian pada sistem, sistem dapat melakukan perhitungan jumlah kendaraan roda empat pada cuaca mendung dan tanpa bayangan dengan galat absolut 22,50% pada pagi hari, 15,62% pada siang hari, 27,50% pada sore hari dan 40,00% pada malam hari.

Kata Kunci : Pesawat Tanpa Awak, *Background Reconstruction*, *Background Subtraction*, Penghitungan Jumlah Kendaraan

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# ABSTRACT

*Name* : Susilo Budi Prakoso  
*Title* : *Development of Vehicle Counting System  
Utilizing Aerial Image Taken with Unmanned Aerial Vehicle*  
*Advisors* : 1. Ahmad Zaini, ST., M.Sc.  
2. Arief Kurniawan, ST., MT.

Data the number of vehicles required to determine the level of traffic density on a road. There are several ways to get data on the number of vehicles, one of them is by using Traffic IP-Camera. IP-Camera Traffic is mounted on traffic poles at an intersection and is not installed along the road. Because the IP-Camera Traffic infrastructure is static, there are areas that can not be reached. In these conditions it takes a movable camera that can visit an area that can not be reached by IP-Camera Traffic. So that unmanned aerial vehicle can be utilized to get an aerial traffic image that can not be reached by IP-Camera Traffic. Therefore, a vehicle counting system was developed utilizing aerial imagery taken with an unmanned aerial vehicle. Based on the test results on the system, the system can calculate the number of four-wheeled vehicles in cloudy weather and shadowless environments with an absolute error of 22.50% in the morning, 15.62% at noon, 27.50% in the afternoon and 40.00% at night.

*Keywords* : *Unmanned Aerial Vehicle, Background Reconstruction, Background Subtraction, Vehicle Counting*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul **Pengembangan Sistem Penghitung Jumlah Kendaraan Memanfaatkan Citra Aerial yang Diambil dengan Pesawat Tanpa Awak.**

Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer ITS, Bidang Studi Telematika, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga, Ibu, Bapak dan Saudara tercinta yang telah memberikan dorongan spiritual dan material dalam penyelesaian buku penelitian ini.
2. Bapak Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ahmad Zaini, ST., M.Sc. dan Bapak Arief Kurniawan, ST., MT. atas bimbingan selama mengerjakan penelitian.
4. Bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer, atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
5. Seluruh teman-teman dari Teknik Komputer, Laboratorium B201, B401 dan Computer Vision.

Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis memohon segenap kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xv</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang . . . . .	1
1.2 Permasalahan . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	3
1.6 Relevansi . . . . .	4
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Pesawat Tanpa Awak . . . . .	5
2.2 Regulasi Penggunaan Pesawat Tanpa Awak . . . . .	6
2.3 Aerial Video . . . . .	7
2.4 Volume Lalu Lintas . . . . .	9
2.5 Klasifikasi Jalan . . . . .	10
2.5.1 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi . . . . .	10
2.5.2 Klasifikasi Berdasarkan Administrasi Peme- rintahan . . . . .	10
2.5.3 Klasifikasi Berdasarkan Muatan Sumbu . . . . .	11
2.6 Pemrosesan Citra Digital . . . . .	12
2.6.1 Kontour . . . . .	12
2.6.2 Pemotongan Citra . . . . .	14
2.6.3 Pembuatan Citra Latar . . . . .	15
2.6.4 Substraksi Citra Latar . . . . .	17
2.6.5 Subtraksi Citra Biner . . . . .	18

2.7	Penelitian Terkait Perhitungan Jumlah Kendaraan dan Deteksi Kecepatan Kendaraan . . . . .	20
<b>3</b>	<b>DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b>	<b>23</b>
3.1	Desain Sistem . . . . .	23
3.2	Work Flow . . . . .	25
3.3	Akuisisi Data . . . . .	25
3.3.1	Persiapan dan Penentuan Lokasi . . . . .	25
3.3.2	DJI Phantom 3 Professional . . . . .	27
3.3.3	Lokasi Akuisisi Data . . . . .	28
3.3.4	Pemasangan Penanda . . . . .	29
3.3.5	Perekaman Video Aerial . . . . .	29
3.4	Ekstraksi Citra . . . . .	31
3.5	Pemotongan Citra . . . . .	32
3.5.1	Deteksi Warna Penanda . . . . .	33
3.5.2	Pemberian Kontur pada Penanda . . . . .	35
3.5.3	Pembentukan Ruang Lingkup Pemotongan Citra . . . . .	36
3.5.4	Pemotongan Region yang Terseleksi . . . . .	36
3.5.5	Perbaikan Ukuran Resolusi . . . . .	37
3.6	Konversi Ruang Warna BGR ke Abu-abu . . . . .	39
3.7	Pembuatan Citra Latar . . . . .	40
3.8	Subtraksi Citra . . . . .	43
3.8.1	Subtraksi Citra Latar . . . . .	43
3.8.2	Subtraksi Citra Biner . . . . .	47
3.9	Operasi Morfologi . . . . .	50
3.9.1	<i>Opening</i> . . . . .	50
3.9.2	<i>Closing</i> . . . . .	53
3.10	Deteksi Kendaraan Bermotor . . . . .	56
3.10.1	Deteksi Kendaraan Bermotor Roda Empat . . . . .	56
3.10.2	Penghitungan Jumlah Kendaraan Roda Empat . . . . .	58
<b>4</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA</b>	<b>61</b>
4.1	Pengujian dengan Perbedaan Jumlah <i>FPS</i> . . . . .	61
4.2	Pengujian dengan Perbedaan Ukuran Resolusi Citra . . . . .	63
4.3	Pengujian dengan Perbedaan Waktu Akuisisi Data . . . . .	64

<b>5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>69</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	69
5.2	Saran . . . . .	69
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>71</b>
	<b>Biografi Penulis</b>	<b>73</b>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR GAMBAR

2.1	Citra aerial wilayah kampus ITS Sukolilo. . . . .	8
2.2	Citra aerial Jalan Raya ITS Sukolilo. . . . .	8
2.3	Citra masukan dengan penanda. . . . .	13
2.4	Pemanfaatan deteksi kontur untuk membuat bidang potong. . . . .	13
2.5	<i>Bounding box</i> pada citra masukan. . . . .	14
2.6	Hasil <i>crop</i> yang diterapkan pada citra masukan. . .	15
2.7	Citra masukan dari <i>background reconstruction</i> . . . .	16
2.8	Hasil proses <i>background reconstruction</i> . . . . .	17
2.9	Citra masukan dan citra keluaran proses segmentasi citra. . . . .	18
2.10	Citra sebelum dan sesudah proses <i>binary thresholding</i> . .	19
3.1	Diagram alir metodologi penelitian. . . . .	23
3.2	Posisi pesawat tanpa awak ketika terbang. . . . .	26
3.3	Perbandingan luasan citra biner berdasarkan warna. . .	27
3.4	Lokasi akusisi data. . . . .	28
3.5	Pemasangan penanda pada pinggir jalan. . . . .	29
3.6	Contoh citra aerial lalu lintas Jalan Raya ITS pada siang hari. . . . .	30
3.7	Contoh citra aerial lalu lintas Jalan Raya ITS pada malam hari. . . . .	30
3.8	Proses ekstraksi citra. . . . .	31
3.9	Diagram alir proses <i>image cropping</i> . . . . .	32
3.10	Citra masukan. . . . .	33
3.11	Citra biner yang masih kurang tepat pendeteksian warnanya. . . . .	34
3.12	Citra biner hasil deteksi warna pada penanda. . . . .	35
3.13	Proses seleksi penanda. . . . .	36
3.14	Perbedaan ukuran citra hasil <i>cropping</i> . . . . .	37
3.15	Hasil normalisasi ukuran resolusi citra. . . . .	38
3.16	Pemotongan citra yang kurang baik akibat kesalahan deteksi penanda. . . . .	38
3.17	Diagram alir proses konversi ruang warna. . . . .	39
3.18	Proses konversi ruang warna <i>bgr</i> ke <i>grayscale</i> . . . .	39

3.19	Diagram alir proses <i>background reconstruction</i> . . . .	41
3.20	Citra hasil <i>background reconstruction</i> dengan jumlah citra masukan sebanyak lima puluh citra. . . . .	42
3.21	Citra hasil <i>background reconstruction</i> dengan jumlah citra masukan sebanyak seratus citra. . . . .	42
3.22	Citra hasil <i>background reconstruction</i> dengan jumlah citra masukan sebanyak dua ratus citra. . . . .	42
3.23	Citra hasil <i>background reconstruction</i> dengan jumlah citra masukan sebanyak tiga ratus citra. . . . .	43
3.24	Diagram alir proses <i>background subtraction</i> . . . . .	44
3.25	Citra hasil <i>background reconstruction</i> dengan jumlah citra masukan sebanyak tiga ratus citra. . . . .	45
3.26	Citra hasil <i>background subtraction</i> dengan menggunakan citra latar sebanyak lima puluh citra. . . . .	45
3.29	Citra hasil <i>background subtraction</i> dengan menggunakan citra latar sebanyak tiga ratus citra. . . . .	45
3.27	Citra hasil <i>background subtraction</i> dengan menggunakan citra latar seratus citra. . . . .	46
3.28	Citra hasil <i>background subtraction</i> dengan menggunakan citra latar sebanyak dua ratus citra. . . . .	46
3.30	Citra sebelum proses <i>thresholding</i> . . . . .	47
3.31	Citra hasil <i>thresholding</i> dengan nilai ambang lima puluh. . . . .	48
3.32	Citra hasil <i>thresholding</i> dengan nilai ambang seratus. . . . .	49
3.33	Citra hasil <i>thresholding</i> dengan nilai ambang seratus lima puluh. . . . .	49
3.34	Diagram alir proses <i>morphological operation</i> yang diajukan. . . . .	50
3.35	Diagram alir proses <i>opening</i> . . . . .	51
3.36	Citra masukkan sebelum proses <i>opening</i> . . . . .	52
3.37	Citra hasil <i>opening</i> dengan iterasi satu kali. . . . .	52
3.38	Citra hasil <i>opening</i> dengan iterasi empat kali. . . . .	52
3.39	Citra hasil <i>opening</i> dengan iterasi tujuh kali. . . . .	53
3.40	Diagram alir proses <i>closing</i> . . . . .	54
3.41	Citra masukkan sebelum proses <i>opening</i> . . . . .	55
3.42	Citra hasil <i>closing</i> dengan iterasi satu kali. . . . .	55
3.43	Citra hasil <i>closing</i> dengan iterasi empat kali. . . . .	55
3.44	Citra hasil <i>closing</i> dengan iterasi tujuh kali. . . . .	56



3.45	Diagram alir pendeteksian kendaraan roda empat. .	57
3.46	Diagram alir proses penghitungan jumlah kendaraan	58
4.1	Perbandingan citra asli dengan citra hasil <i>background subtraction</i> . . . . .	65
4.2	Kendaraan dengan warna abu-abu. . . . .	67

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

2.1	Kategori pesawat tanpa awak, berat, jarak tempuh, ketinggian terbang dan daya tahan terbang. . . . .	5
4.1	Hasil perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan perbedaan jumlah <i>fps</i> . . . . .	62
4.2	Hasil waktu eksekusi program berdasarkan perbedaan <i>fps</i> . . . . .	62
4.3	Hasil perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan perbedaan resolusi citra. . . . .	63
4.4	Hasil waktu eksekusi program berdasarkan perbedaan resolusi citra. . . . .	64
4.5	Hasil perhitungan jumlah kendaraan dengan perbedaan waktu eksekusi data. . . . .	65
4.6	Pengaruh warna kendaraan terhadap perhitungan jumlah kendaraan . . . . .	66

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

Penelitian ini di latar belakang oleh berbagai kondisi yang menjadi acuan. Selain itu juga terdapat beberapa permasalahan yang akan dijawab sebagai luaran dari penelitian.

### 1.1 Latar belakang

Tingkat kepadatan lalu lintas pada suatu jalan adalah data parameter yang digunakan untuk rekayasa lalu lintas dalam teknik transportasi [1]. Salah satu contoh penggunaan adalah untuk menentukan pewaktuan pada lampu simpang bersinyal. Tetapi di Indonesia, pengaturan waktu nyala lampu simpang bersinyal rata-rata menggunakan metode konvensional. Metode tersebut menggunakan *fixed time* yang sama untuk semua nyala lampu pada simpang bersinyal yang menyebabkan tidak optimalnya pengaturan simpang di jalan raya.

Akbar, Muhammad Ali Mahdi [2] telah mengimplementasikan *image processing* untuk menghitung jumlah kendaraan menggunakan *IP-Camera* dengan menggunakan metode luasan piksel. Dalam penelitiannya, didapatkan tingkat akurasi hingga 82.18 % pada waktu siang hari dan 88.30 % pada waktu malam hari. Hasil tersebut diperoleh dalam pengujian sistem yang menggunakan ukuran resolusi citra 640x512 piksel dengan jumlah citra perdetik sebanyak 25 fps.

Penggunaan *IP-Camera* membutuhkan infrastruktur yang tetap untuk beroperasi. *IP-Camera* dipasang pada tiang lampu lalu lintas pada suatu persimpangan dan tidak terpasang di sepanjang jalan. Sehingga *IP-Camera* memiliki kelemahan yaitu infrastrukturnya tidak dapat berpindah-pindah atau status. Karena bersifat statis, *Traffic IP-Camera* memiliki cakupan pengambilan citra lalu lintas yang terbatas. Sehingga dibutuhkan kamera yang dapat berpindah tempat, yaitu pesawat tanpa awak. Penggunaan pesawat tanpa awak dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan citra yang tidak dapat dijangkau oleh *IP-Camera*. Citra aerial yang diambil dengan satu pesawat tanpa awak bahkan dapat mencangkup satu

persimpangan penuh jika dibutuhkan dalam keadaan insidental. Pesawat tanpa awak dapat dengan bebas mengunjungi tempat yang digunakan untuk dilakukan penghitungan jumlah kendaraan.

Dalam tugas akhir ini dikembangkan suatu sistem untuk menghitung jumlah kendaraan dengan memanfaatkan citra yang diambil dengan kamera pada pesawat tanpa awak.

## 1.2 Permasalahan

Rumusan masalah tugas akhir ini adalah citra aerial yang dihasilkan oleh kamera pada pesawat tanpa awak mengalami perbedaan sudut pandang kamera karena banyak faktor. Salah satu faktor tersebut adalah angin. Angin menyebabkan posisi pesawat tanpa awak ketika terbang tidak stabil sehingga citra aerial yang dihasilkan memiliki perbedaan sudut pandang kamera. Citra aerial yang memiliki perbedaan sudut pandang kamera dapat menyebabkan masalah pada proses *background reconstruction*, *background subtraction* serta pendeteksian kendaraan.

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan permasalahan, tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengembangkan suatu sistem untuk menghitung jumlah kendaraan dengan memanfaatkan citra yang diambil dengan pesawat tanpa awak

## 1.4 Batasan masalah

Batasan masalah yang timbul dari permasalahan Tugas Akhir ini adalah :

1. Produk pesawat tanpa awak yang digunakan adalah DJI Phantom 3.
2. Kondisi cuaca saat pengujian yaitu pada pagi, siang, sore dan malam.
3. Perhitungan jumlah kendaraan roda empat.
4. Kondisi lalu lintas lancar.
5. Hanya dilakukan pada jalan satu arah.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian Tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang ingin melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi penelitian.

2. BAB II Dasar Teori

Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yaitu informasi terkait *image alignment*, volume lalu lintas, *background reconstruction* dan lainnya.

3. BAB III Perancangan Sistem dan Implementasi

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait sistem yang akan dibuat. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram atau *work flow* agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implementasi pada pelaksanaan tugas akhir.

4. BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab ini menjelaskan tentang pengujian yang dilakukan terhadap sistem dalam penelitian ini dan menganalisa sistem. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diuji juga disebutkan dalam bab ini. Sehingga ketika akan dikembangkan lebih jauh, spesifikasi perlengkapannya bisa dipenuhi dengan mudah tanpa harus melakukan ujicoba perangkat lunak maupun perangkat keras lagi.

5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk mengembangkan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

## 1.6 Relevansi

Penelitian mengenai pemrosesan citra merupakan bidang penelitian yang sangat dibutuhkan dan dipakai dalam pemenuhan kebutuhan komputasi yang semakin beragam saat ini. Dalam tugas akhir ini, dilakukan penelitian mengenai pengembangan sistem perhitungan jumlah kendaraan memanfaatkan citra aerial yang diambil dengan pesawat tanpa awak.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Demi mendukung penelitian ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian penelitian ini menjadi lebih terarah.

#### 2.1 Pesawat Tanpa Awak

Sistem pesawat tanpa awak [3] (*unmanned aerial vehicle*) adalah miniatur pesawat yang dipandu dengan perangkat *Global Positioning System* (GPS) yang terpasang pada bagian pesawat. Sistem tersebut dipantau secara jarak jauh pada GSC menggunakan gelombang radio.

Terdapat beberapa kategori pesawat tanpa awak. Kategori ini mengelompokkan jenis pesawat tanpa awak berdasarkan berat pesawat tanpa awak, jangkauan terbang, ketinggian terbang dan ketahanan waktu terbang. Spesifikasi kategori pesawat tanpa awak dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1:** Kategori pesawat tanpa awak, berat, jarak tempuh, ketinggian terbang dan daya tahan terbang.

Category	Weight (kg)	Range (km)	Flight Altitude (m)	Endurance (hours)
Micro	<5	<10	<250	<1
Mini	<25	<10	<300	<2
Close Range	25-150	10-30	3000	2-4
Medium Range	50-250	30-70	3000	3-6
High Alt. Long Endurance	>250	>70	>3000	>6

Komunikasi antara GSC dan pesawat tanpa awak dilakukan

secara nirkabel. Antena pada GSC akan mengtransmisikan sebuah pesan ke pesawat tanpa awak dan pesawat tanpa awak akan mengtransmisikan kembali pesan dari pesawat tanpa awak ke GSC dengan membawa informasi dasar berupa lokasi, ketinggian dan kecepatan pesawat tanpa awak.

## 2.2 Regulasi Penggunaan Pesawat Tanpa Awak

Di Indonesia, penggunaan pesawat tanpa awak telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia pada No. PM 90 Tahun 2015 tentang Pengendalian Pengoperasian Pesawat Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia [4]. Di dalam peraturan tersebut, terdapat aturan mengenai kawasan dimana pesawat tanpa awak tidak boleh dioperasikan. Diantaranya sebagai berikut :

1. Kawasan udara terlarang (prohibited area) adalah ruang udara tertentu di atas daratan dan/atau perairan, dengan pembatasan yang bersifat permanen dan menyeluruh bagi semua pesawat udara.
2. Kawasan udara terbatas (restricted area) adalah ruang udara tertentu di atas daratan dan/atau perairan dengan pembatasan bersifat tidak tetap dan hanya dapat digunakan untuk operasi penerbangan negara dan pada waktu tidak digunakan (tidak aktif), kawasan ini dapat dipergunakan untuk penerbangan sipil.
3. Kawasan keselamatan operasi penerbangan adalah wilayah daratan dan / atau perairan serta ruang udara di sekitar Bandar udara yang digunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan.
4. *Controlled airspace* adalah jenis ruang udara yang diberikan pelayanan lalu lintas penerbangan berupa pelayanan pemanduan lalu lintas penerbangan (*air traffic control service*), pelayanan informasi penerbangan (*flight information service*) dan pelayanan kesiagaan (*alerting service*) .
5. *Uncontrolled airspace* adalah jenis ruang udara yang diberikan pelayanan lalu lintas penerbangan berupa pelayanan informasi penerbangan (*flight information service*), pelayanan kesiagaan

(*alerting service*) dan pelayanan saran lalu lintas penerbangan (*air traffic advisory service*).

Selain itu, Pemerintah Indonesia mengeluarkan peraturan lanjutan mengenai penggunaan pesawat tanpa awak yang tertera pada PM No. 163 Tahun 2015 [5] yang mengatur penggunaan pesawat tanpa awak berukuran kecil. Beberapa poin yaitu :

1. Pesawat tanpa awak hanya diperkenankan terbang ketika siang hari.
2. Pesawat tanpa awak tidak diperkenankan terbang dari kendaraan yang bergerak.
3. Operator pesawat tanpa awak tidak dalam keadaan pengaruh obat-obatan terlarang dan alkohol.
4. Operator tidak boleh mengoperasikan lebih dari satu pesawat tanpa awak dalam waktu yang bersamaan.

## 2.3 Aerial Video

Aerial video merupakan video yang menampilkan suatu wilayah dari udara. Perekaman aerial video menggunakan *flying aerial flatform*, video memungkinkan untuk diambil dengan posisi *direct-down*. Beberapa jenis *flying aerial platform* yakni pesawat terbang, helikopter, balon udara, dan pesawat tanpa awak. Saat ini pesawat tanpa awak telah dilengkapi dengan sistem GPS sehingga memuat informasi waktu dan lokasi. Informasi waktu dan lokasi dari tempat pengambilan video yang diletakkan pada *metadata*. Beberapa manfaat dari aerial video adalah untuk patroli, pengintaian dan pemetaan suatu wilayah.

Terdapat dua jenis sudut pengambilan citra [6] dari udara yaitu tipe *oblique* dan tipe *vertical*.

1. Tipe *oblique* memiliki sudut kemiringan sebesar empat puluh lima derajat dan sering digunakan pada bidang arkeologi untuk memberikan konteks yang lebih luas. Pengambilan gambar yang dilakukan secara manual akan menghasilkan pemandangan lanskap terbaik. Gambar 2.1 merupakan contoh dari pengambilan citra menggunakan tipe oblique.



**Gambar 2.1:** Citra aerial wilayah kampus ITS Sukolilo.

2. Tipe *vertical* dilakukan secara tegak lurus atau sembilan puluh derajat di atas lanskap menjadi cara yang lebih mudah dilakukan karena tidak menimbulkan perspektif yang akan mendistorsi gambar. Karena itulah tipe vertikal lebih sering digunakan dalam penginderaan aerial. Tipe ini mampu mencakup area yang lebih luas dan lebih terfokus pada topografi dibandingkan dengan detil yang spesifik, sehingga jarang digunakan untuk kepentingan arkeologi. Gambar 2.2 adalah contoh dari citra dengan pengambilan tegak lurus.



**Gambar 2.2:** Citra aerial Jalan Raya ITS Sukolilo.

## 2.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan [7].

Menurut penyusun buku Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Silvia Sukirman (1994) [7], volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam perencanaan dan kapasitas. Kendaraan tak bermotor (sepeda, becak dan kereta dorong), parkir pada badan jalan dan pejalan kaki anggap sebagai hambatan samping.

Jenis kendaraan bermotor dalam perhitungan ini diklasifikasikan dalam tiga macam kendaraan [1] yaitu :

1. Kendaraan Ringan (*Light Vehicles* = LV ) adalah indeks untuk kendaraan bermotor dengan empat roda (mobil penumpang), jenis sedan (mobil pribadi), angkot, bus mini, pickup/box dan truk mini.
2. Kendaraan berat (*Heavy Vehicles* = HV ) adalah indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda lebih dari empat ( Bus, truk dua gandar, truk tiga gandar dan kombinasi yang sesuai),
3. Sepeda motor (*Motor Cycle* = MC ) adalah indeks untuk kendaraan bermotor dengan dua roda.

Berdasarkan teknik pengambilan data kinerja lalu lintas Kota Surabaya (2012) [8] yang dilaksanakan secara manual menggunakan *counter* dilakukan selama 16 jam. Pencacahan kendaraan dimulai pada pukul 05.00 - 21.00 Waktu Indonesia Barat dengan interval waktu selama 10 menit.

## 2.5 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan [9] adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintah dan berdasarkan muatan sumbu. Berikut penjelasan untuk jenis klasifikasi jalan di Indonesia.

### 2.5.1 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi

Klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku antara lain:

1. Jalan Arteri, adalah jalan umum yang berfungsi untuk melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rencana  $>60$  km/jam, lebar badan jalan  $>8$  meter, kapasitas jalan lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata, tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, dan jalan primer tidak terputus, dan sebagainya.
2. Jalan Kolektor adalah jalan yang digunakan untuk melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rencana  $>40$  km/jam, lebar badan jalan  $>7$  meter, kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata, tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, dan jalan primer tidak terputus, dan sebagainya.
3. Jalan Lokal adalah jalan umum yang digunakan untuk melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan dekat, kecepatan rencana  $>40$  km/jam, lebar jalan  $>5$  meter,
4. Jalan Lingkungan adalah jalan umum yang digunakan untuk melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

### 2.5.2 Klasifikasi Berdasarkan Administrasi Pemerintahan

Pengelompokan jenis klasifikasi jalan bertujuan untuk mewujudkan kepastian hukum penyelenggaraan jalan sesuai dengan kewenangan pemerintah dan pemerintah daerah. Berdasarkan administrasi pemerintahan, jalan diklasifikasikan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa. Berikut

penjelasan jenis klasifikasi jalan di Indonesia.

1. Jalan Nasional adalah jalan arteri atau kolektor yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional dan jalan tol.
2. Jalan Provinsi adalah jalan kolektor yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, antar kabupaten dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan Kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil serta menghubungkan antarpusat pemukiman yang berada di dalam kota.
5. Jalan desa adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar pemukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

### **2.5.3 Klasifikasi Berdasarkan Muatan Sumbu**

Jenis klasifikasi jalan di Indonesia juga dikelompokkan berdasarkan muatan sumbu antara lain jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas IIIA, jalan kelas IIIB, dan jalan kelas IIIC. Berikut penjelasan dari klasifikasi jalan di Indonesia.

1. Jalan kelas I adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton, yang saat ini masih belum digunakan di Indonesia namun sudah mulai dikembangkan di berbagai negara maju seperti Perancis yang telah mencapai muatan sumbu terberat

sebesar 13 ton.

2. Jalan kelas II adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi dari 2500 mm. Ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton. Jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas.
3. Jalan kelas III A adalah jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
4. Jalan kelas III B adalah jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12000 mm. dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
5. Jalan kelas III C adalah jalan lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

## 2.6 Pemrosesan Citra Digital

Citra aerial yang direkam dengan kamera oada pesawat tanpa awak diolah dengan pemrosesan citra digital. Berikut merupakan beberapa referensi pemrosesan citra digital yang diterapkan pada tugas akhir ini.

### 2.6.1 Kontour

Kontur atau *contour* merupakan bidang kurva yang terbentuk dari kumpulan titik yang berada di dalam area batas. Titik-titik piksel tersebut merupakan titik yang memiliki kesamaan warna ataupun intensitas. Kontur dapat digunakan untuk berbagai manfaat, salah satunya adalah deteksi objek. Pada penelitian ini. dilakukan *thresholding* terhadap citra masukan menjadi citra biner sebelum dicari konturnya. Sehingga di dalam citra masukan menjadi hitam untuk citra latar dan putih untuk citra *foreground*.

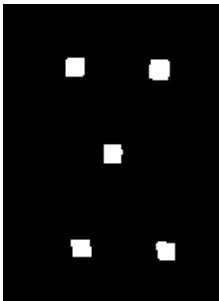
Bentuk kontur terbentuk sesuai dengan titik batas yang diling-



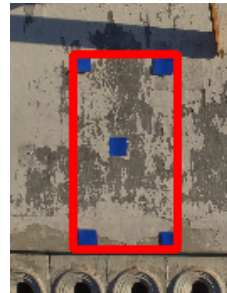
kupi. Kontur tersebut disimpan dalam *array* yang memiliki label  $iX$  atau  $jX$ , dimana  $i$  merupakan kontur dan  $j$  merupakan lubang. Sedangkan  $X$  merupakan angka urutan objek kontur yang terdeteksi. Kontur memiliki beberapa fitur, yakni *moment*, *contour area*, dan *bounding type*. *Moment* adalah titik tengah dari sebuah kontur, *contour area* merupakan luasan dari kontur dan *bounding type* yaitu jenis bidang untuk melingkupi kumpulan kontur.



**Gambar 2.3:** Citra masukan dengan penanda.



(a) Citra biner deteksi penanda.



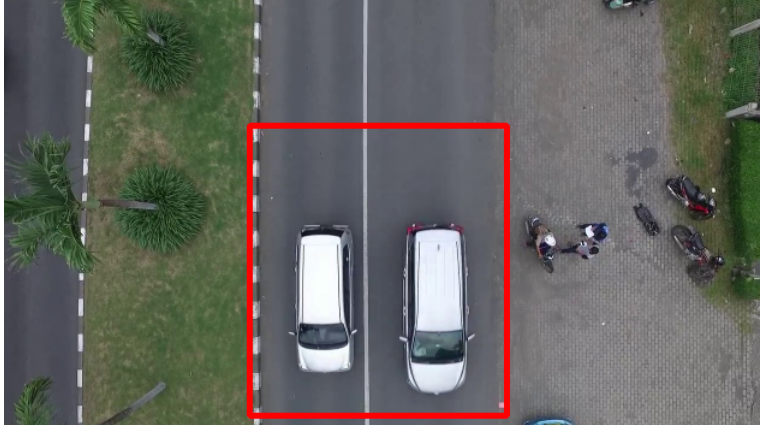
(b) *Bounding box* terhadap penanda terluar.

**Gambar 2.4:** Pemanfaatan deteksi kontur untuk membuat bidang potong.

Gambar 2.3 merupakan uji coba penggunaan penanda. Sejumlah lima penanda ditempel pada dinding dengan formasi sedemikian rupa. Gambar 2.4.a adalah citra biner hasil deteksi penanda dengan memanfaatkan kontur. Dengan menggunakan fitur dari kontur, maka didapatkan data koordinat pusat masing-masing penanda. Gambar 2.4.b mengilustrasikan bagian citra yang dipotong. Garis merah merupakan bidang persegi yang terbentuk dari keempat penanda terluar, sehingga penanda yang berada di tengah dapat diabaikan.

## 2.6.2 Pemotongan Citra

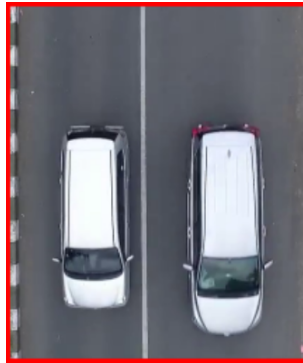
Pemotongan citra atau *image cropping* adalah cara memotong sebagian daerah pada sebuah citra untuk membuang bagian yang tidak diinginkan. Selain itu, *image processing* yang berlangsung menjadi lebih ringan karena tidak semua bagian citra terproses. Pada tugas akhir ini, digunakan metode *image cropping* berdasarkan warna penanda atau *marker* untuk menyeleksi bagian jalan yang akan digunakan untuk proses *background reconstruction* dan *background subtraction*.



**Gambar 2.5:** *Bounding box* pada citra masukan.

Citra masukan yang dihasilkan dari kamera berbasis pesawat tanpa awak memiliki format *RGB color space*. Format tersebut terlebih dahulu dikonversikan menjadi *HSV color space*. Warna pada

penanda dideteksi dengan menyesuaikan nilai warna penanda sehingga penanda terseleksi dari warna lain pada citra. Penanda yang terseleksi minimum tiga buah selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam proses pemotongan pada suatu citra yang berbentuk persegi. Pada Gambar 2.5, *bounding box* pada citra digunakan sebagai acuan dalam proses *image cropping*.



**Gambar 2.6:** Hasil *crop* yang diterapkan pada citra masukan.

Gambar 2.6 merupakan hasil pemotongan citra dari Gambar 2.5. Terlihat hanya area yang berada di dalam *bounding box* saja yang terseleksi. Ukuran resolusi hasil pemotongan citra pada setiap citra tidak selalu sama. Sehingga dilakukan pembenahan pada setiap citra yang berhasil terseleksi. Pembenahan ukuran citra dilakukan dengan mengubah seluruh ukuran resolusi citra menjadi satu ukuran yang tetap.

### 2.6.3 Pembuatan Citra Latar

Pembuatan citra latar atau *background reconstruction* [2] adalah suatu metode dalam *image processing* untuk membentuk citra latar belakang dari rangkaian citra atau video. Video terlebih dahulu diekstrak menjadi citra tunggal terlebih dahulu sebelum dilakukan pemrosesan. Tujuan dari pembentukan model citra latar yakni untuk membanding antara citra yang sekarang dengan citra latar yang digunakan dalam proses *background subtraction*. Rumus sederhana dari *background reconstruction running average* [10] dapat

dilihati pada rumus 2.1.

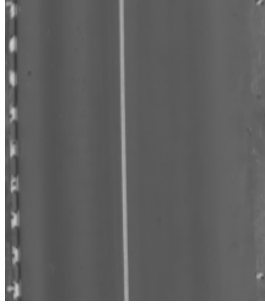
$$B_{t+1}(x, y) = (1 - \alpha)B_t(x, y) + \alpha F_t(x, y) \quad (2.1)$$

Pada rumus di atas, dimana  $\alpha$  merupakan *updating rate*,  $B_t$  merupakan citra background pada waktu  $t$  dan  $F_t$  merupakan citra pada waktu  $t$ .

Pembentukan citra latar dilakukan dengan menghitung jumlah bobot nilai piksel dari citra masukan kemudian dilakukan perhitungan rata-rata dari kumpulan citra masukan yang diilustrasikan pada Gambar 2.7. Perhitungan rata-rata dilakukan secara kontinu sampai batas jumlah citra masukan yang dikehendaki. Hasil rata-rata dari citra masukan diilustrasikan pada Gambar 2.8. Citra latar sebaiknya diperbarui sesuai kondisi pencahayaan dari citra.



**Gambar 2.7:** Citra masukan dari *background reconstruction*.



**Gambar 2.8:** Hasil proses *background reconstruction*.

### 2.6.4 Substraksi Citra Latar

Substraksi citra latar atau *Background Subtraction* adalah proses untuk mengekstrak citra *foreground*. Pada proses ini diperlukan dua citra masukan, yakni citra sekarang dan citra latar. Pendekatan dilakukan untuk pendeteksian objek bergerak dengan membandingkan citra sekarang dan citra latar hasil proses *background reconstruction*. Salah satu tujuan dari *background subtraction* adalah untuk mendapatkan citra *foreground*. Rumus *frame difference* [11] dalam *background subtraction* dapat dilihat pada rumus 2.2.

$$P[F(t)] = P[I(t)] - P[B] \quad (2.2)$$

Pada rumus 2.2 dimana  $Pf(t)$  merupakan citra *foreground*. Untuk mendapatkan citra *foreground*, dilakukan pengurangan citra masukan yaitu citra pada waktu  $(t+1)$   $P[I(t)]$  dengan citra *background*  $P[B]$ . Hasil pengurangan tersebut diabsolutkan sehingga didapatkan perbedaan antara citra masukan dengan citra referensi (*background*).

Gambar 2.9.b. mengilustrasikan citra hasil proses *background subtraction*. Pada citra hasil *background subtraction* terlihat perbedaan bila dibandingkan dengan Gambar 2.9.a. Perbedaan tersebut yakni marka jalan yang berada di tengah terlihat tidak sejelas se-



(a) Citra masukan berupa citra *grayscale*.



(b) Citra *foreground* hasil segmentasi citra.

**Gambar 2.9:** Citra masukan dan citra keluaran proses segmentasi citra.

perti pada citra masukan. Selain marka jalan, pembatas tepi jalan juga tidak begitu tampak. Sehingga hasil yang diharapkan dari segmentasi citra adalah objek kendaraan.

### 2.6.5 Subtraksi Citra Biner

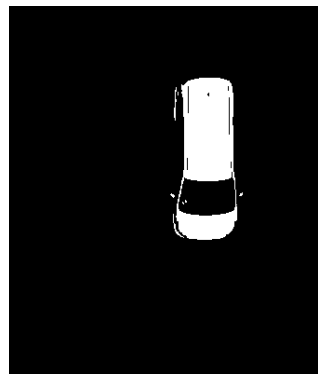
Subtraksi citra biner atau *thresholding* adalah cara untuk meng-subtraksi citra. *Thresholding* membutuhkan citra masukan dan nilai ambang *thresh* untuk menghasilkan citra keluaran. Citra masukan yang digunakan yaitu citra abu-abu. Citra keluaran dihasilkan dengan cara membandingkan nilai piksel  $(x,y)$  pada citra masukan dengan nilai ambang. Jika nilai piksel  $(x,y)$  pada citra masukan lebih besar daripada nilai ambang, maka nilai piksel  $(x,y)$  pada citra diganti ke suatu nilai.

$$C(x,y) = \begin{cases} 0 & Z(x,y) < T \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (2.3)$$

*Binary thresholding* merupakan salah satu jenis bentuk *thresholding* yang sederhana. Rumus 2.3 adalah perintah dari *binary thresholding*. Selain citra masukkan dan nilai ambang, digunakan juga paramater *maxvalue*. *Maxvalue* dalam *binary thresholding* bernilai 255 atau piksel warna putih. Setiap piksel yang berlokasi di  $(x,y)$  pada citra masukkan Z dikomparasi dengan nilai ambang T. Jika nilai piksel  $(x,y)$  pada citra Z masukkan lebih besar daripada nilai ambang T, maka nilai piksel  $C(x,y)$  diganti dengan nilai piksel hitam (255). Sedangkan nilai piksel  $(x,y)$  pada citra masukan Z lebih kecil daripada nilai ambang T, maka nilai piksel  $C(x,y)$  diganti menjadi nol atau citra warna hitam.



(a) Citra hasil subtraksi sebagai citra masukkan.



(b) Citra biner hasil proses *binary thresholding*.

**Gambar 2.10:** Citra sebelum dan sesudah proses *binary thresholding*.

Gambar 2.11.b adalah contoh hasil *binary thresholding* dari citra pada Gambar 2.11.a. Jika kedua citra dibandingkan maka terlihat perbedaan yang mencolok. Citra masukkan berupa citra abu-abu hasil proses *background subtraction* memiliki banyak fitur seperti marka tengah jalan dan pinggir jalan, sementara pada citra hasil *binary thresholding* tidak memilikinya.

## 2.7 Penelitian Terkait Perhitungan Jumlah Kendaraan dan Deteksi Kecepatan Kendaraan

Berkaitan dengan topik tugas akhir ini, terdapat beberapa penelitian mengenai penghitungan jumlah kendaraan dan perhitungan kecepatan kendaraan yang diaplikasikan untuk Intelligent Transportation System (ITS). Tiga diantaranya sebagai berikut.

1. Penelitian yang berjudul "*Real Time Vehicle Counter System for Intelligent Transportation System*" [12] menggunakan *Traffic IP-Camera* untuk mendapatkan citra masukkan yang diproses secara *realtime*. Proses untuk penghitungan jumlah kendaraan dibagi menjadi beberapa prosedur yaitu ekstraksi citra latar, segmentasi objek, pelabelan kendaraan dan klasifikasi objek untuk membedakan kendaraan roda dua dan kendaraan roda empat. Hasil perhitungan jumlah kendaraan untuk kondisi tanpa adanya bayangan atau objek yang tidak diinginkan, sistem menghasilkan kesuksesan pencocokan hingga 97 % untuk kendaraan roda dua dan 95 % untuk kendaraan roda empat.
2. Penelitian yang berjudul "*Traffic IP Camera untuk Menghitung Kendaraan Roda Empat Menggunakan Metode Luasan Pikel*" [2] menggunakan *Traffic IP-Camera* sebagai alat untuk mendapatkan citra masukkan dan diproses menggunakan *Single Board Computer*. Metode luasan piksel digunakan untuk mendeteksi kendaraan. Berdasarkan pengujian secara langsung di tempat, sistem menghasilkan perhitungan jumlah kendaraan roda empat dengan akurasi hingga 82,18 % pada siang hari dan 88,30 % pada malam hari.
3. Penelitian yang berjudul "*Sistem Deteksi Kecepatan Kendaraan Bermotor pada Real Time Traffic Information System*" [13] menggunakan metode *background reconstruction* untuk membuat citra *background* dan *frame difference* untuk mendapatkan citra *foreground*. Perubahan perpindahan objek pada suatu jarak tertentu dengan waktu tertentu digunakan sebagai referensi untuk mendapatkan perhitungan kecepatan. Ketepatan pengukuran mencapai 98 % pada kecepatan acuan 50 kmj. Akurasi terendah terjadi pada kecepatan kendaraan 80 kmj



dengan ketepatan hanya 93 %. Tingkat akurasi tergantung pada besarnya pergeseran per citra adanya bayangan dan terjadinya penumpukan obyek kendaraan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

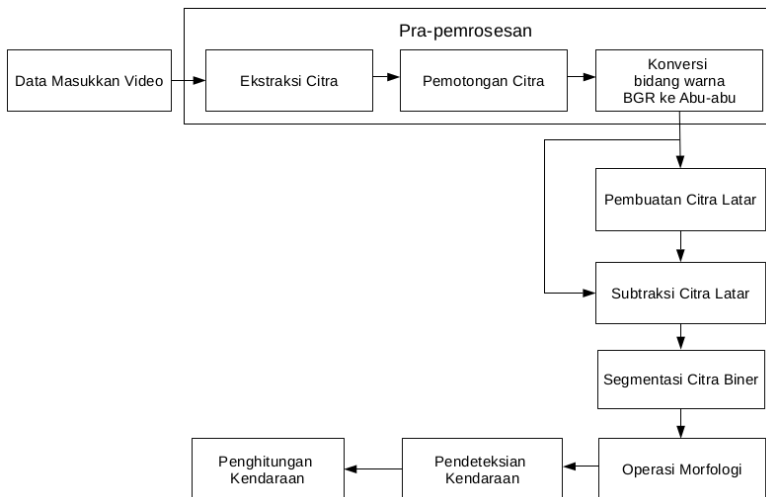
# BAB 3

## DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan desain sistem berikut dengan implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan.

### 3.1 Desain Sistem

Tugas akhir ini merupakan salah satu bentuk dari pengolahan citra digital yang tujuannya untuk mengetahui jumlah kendaraan roda empat yang lewat pada suatu jalan. Sistem perangkat lunak ini dibangun pada komputer personal dengan citra masukan dari aerial video yang ditangkap menggunakan kamera pada pesawat tanpa awak. Proses kerja dari sistem ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1:** Diagram alir metodologi penelitian.

Inisialisasi data video adalah proses yang pertama kali dilakukan. Video hasil pengambilan dari kamera berbasis pesawat tanpa awak digandakan dari *memory card* ke *harddisk* pada komputer personal. Video tersebut kemudian dimuat dalam program sebagai data masukan. Selanjutnya dilakukan pra-pemrosesan yang meliputi ekstraksi citra atau *frame extraction*, pemotongan citra *image cropping* dan konversi warna citra *rgb* ke warna abu-abu.

Data *aerial video* yang sudah dimuat pada program diekstraksi menjadi satuan citra. Data video yang dihasilkan oleh kamera berbasis pesawat tanpa awak tidak stabil karena angin menyebabkan ketidaksamaan skala, posisi, dan kecondongan pada setiap citra sehingga diperlukan *image cropping*. Dengan *image cropping* juga digunakan untuk membuang bagian yang tidak perlu pada suatu bagian pada citra. Sehingga citra keluaran lebih terfokus.

Pendeteksian objek diperlukan citra latar dan citra sekarang untuk dibandingkan. Proses pembuatan citra latar dilakukan dengan cara merekonstruksi citra atau *background reconstruction*. Keluaran dari proses *background reconstruction* selanjutnya digunakan untuk masukan proses *background subtraction*. Proses tersebut bertujuan untuk mendapatkan citra *foreground*.

Citra hasil proses *background subtraction* selanjutnya mengalami proses *threshold*. Proses ini mengubah nilai piksel keabu-abuan menjadi nilai hitam (0) atau putih (1) sesuai dengan nilai ambang dari *threshold*. Dari proses *threshold*, ditemukan *noise* sehingga diperlukan pembersihan dengan metode erosi untuk mengurangi *noise* dan dilasi untuk mempertegas objek tujuan pada citra. Hal tersebut dilakukan untuk memperjelas bentuk objek yang dideteksi.

Kumpulan piksel warna putih yang telah dipisahkan dari citra latar kemudian dihitung jumlahnya. Ukuran kontur setiap citra dari bentuk kendaraan dapat bervariasi. Ketika terdapat objek melintasi ROI dengan nilai piksel putih  $n$  lebih dari ambang batas maka objek tersebut terdeteksi dengan memberikan nilai *flag* = 1. Jika pada ROI tidak terdapat objek warna putih maka nilai berubah kembali ke semula (*flag* = 0).

## 3.2 Work Flow

Pengerjaan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan berdasarkan metodologi penelitian, yaitu :

1. Akusisi Data.
2. Ekstraksi Citra
3. Pemotongan Cita.
4. Konversi Ruang Warna BGR ke Abu-abu
5. Pembuatan Citra Latar.
6. Subtraksi Citra Latar.
7. Operasi Morfologi.
8. Pendeteksian Kendaraan.

## 3.3 Akusisi Data

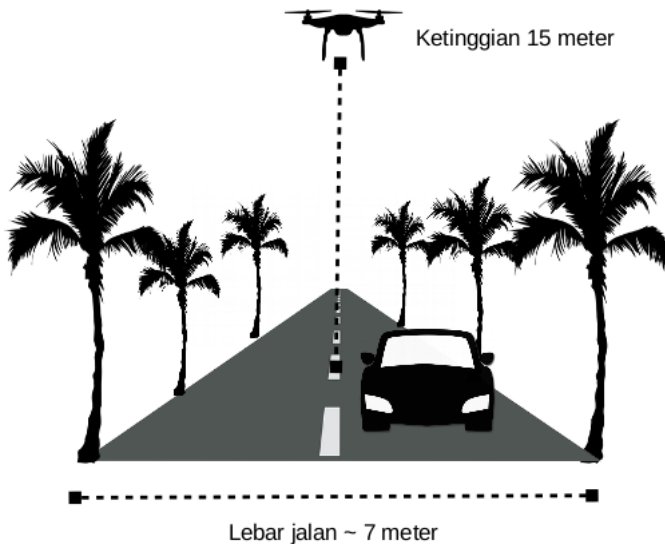
Pada subbab ini dijelaskan mengenai proses akusisi data video aerial menggunakan kamera yang terpasang pada pesawat tanpa awak.

### 3.3.1 Persiapan dan Penentuan Lokasi

Akusisi data video aerial dengan menggunakan kamera yang terpasang pada pesawat tanpa awak harus direncanakan dengan matang. Beberapa perencanaan yang dilakukan yakni penentuan kondisi lalu lintas pada tempat yang dihitung jumlah kendaraanya, lokasi akusisi data, penggunaan penanda, pemeriksaan kondisi pesawat tanpa awak beserta kendali kontrol dan perkiraan kondisi cuaca pada lokasi diajukan untuk akusisi data.

Penentuan lokasi untuk akusisi data diprioritaskan pada lokasi yang tidak memiliki infrastruktur *Traffic IP-Camera*. Lokasi akusisi data yaitu suatu jalan yang selanjutnya diproses untuk mengetahui data jumlah kendaraan. Penempatan *Traffic IP-Camera* pada umumnya ditempatkan di persimpangan suatu jalan yang berdekatan dengan lampu lalu lintas. Selain itu *Traffic IP-Camera* tidak selalu ada di sepanjang jalan. Oleh karena itu, penggunaan pesawat tanpa awak dimanfaatkan untuk lokasi jalan yang tidak terjangkau oleh *Traffic IP-Camera*.

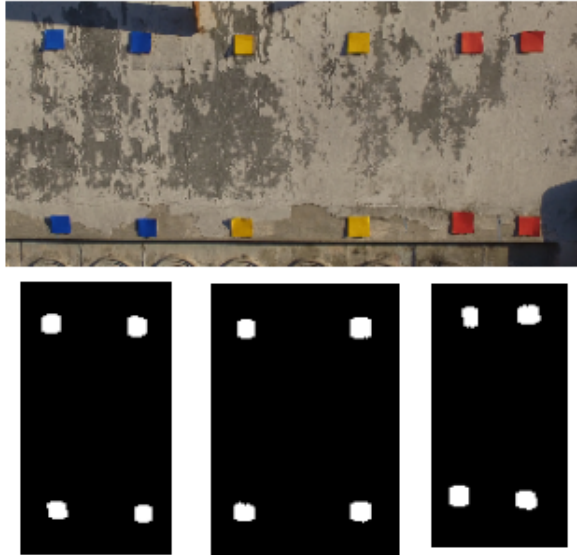
Penentuan lokasi juga harus memperhatikan keselamatan kerja. Dimana sebaiknya lokasi untuk akusisi data video aerial menggunakan pesawat tanpa awak merupakan lokasi yang terbuka. Lokasi yang terbuka diharapkan pesawat tanpa awak dapat leluasa dikendalikan. Adanya pepohonan, kabel-kabel dan tiang yang tinggi merupakan faktor lingkungan yang harus dihindari. Selain itu, lokasi yang terbuka juga dimaksudkan untuk menghindari terciptanya korban akibat jatuhnya pesawat tanpa awak yang mengalami kerusakan ketika terbang.



**Gambar 3.2:** Posisi pesawat tanpa awak ketika terbang.

Gambar 3.2 merupakan posisi pesawat tanpa awak terhadap suatu jalan. Pada gambar tersebut, akusisi data video aerial dilakukan pada jalan berjumlah dua lajur searah. Ketinggian 15 meter merupakan ketinggian yang diajukan ketika pesawat tanpa awak terbang. Ketinggian tersebut didapatkan melalui perkiraan ketinggian pepohonan yang ada disekitar. Rata-rata ketinggian pepohonan

sekitar tujuh hingga 10 meter. Terdapat pula tiang lampu jalan dengan ketinggian sekitar 8 meter.



**Gambar 3.3:** Perbandingan luasan citra biner berdasarkan warna.

Warna biru tua digunakan sebagai warna pada penanda. Warna biru dipilih setelah dibandingkan dengan warna kuning dan merah. Perbandingan warna dilakukan dengan pengolahan citra digital. Pengolahan citra digital digunakan untuk mencari luasan citra biner dari masing-masing warna penanda. Gambar 3.3 menunjukkan warna biru memiliki kemiripan luasan citra biner apabila dibandingkan dengan ukuran yang sebenarnya.

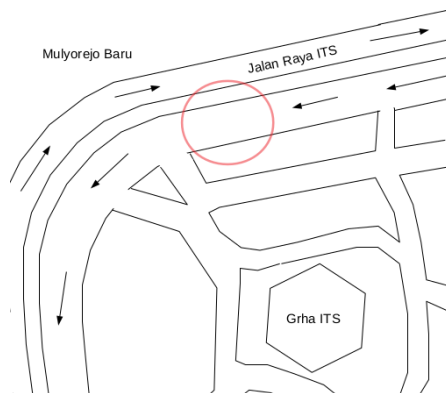
### 3.3.2 DJI Phantom 3 Professional

DJI Phantom 3 Professional merupakan pesawat tanpa awak yang berkategori *micro*. DJI Phantom 3 Professional memiliki berat 1,28 kg dengan ukuran diagonal 350 mm (termasuk dengan baling-

baling). DJI Phantom 3 dilengkapi dengan tiga *axis* gimbal yang digunakan untuk menstabilkan kamera yang terpasang pada pesawat tanpa awak. Pesawat tanpa awak ini memiliki daya waktu terbang selama kurang lebih dua puluh tiga (23) menit. Spesifikasi kamera yang dimiliki DJI Phantom 3 Professional yakni 12 *megapixel* dengan sensor kamera berukuran 1/2.3 inci berjenis *cmos*. Kamera dilengkapi lensa dengan sudut tampilan sebesar 94 derajat dengan kemampuan perekaman video pada resolusi HD (1280x720 piksel) hingga resolusi 4K (4096x2160 piksel).

### 3.3.3 Lokasi Akuisisi Data

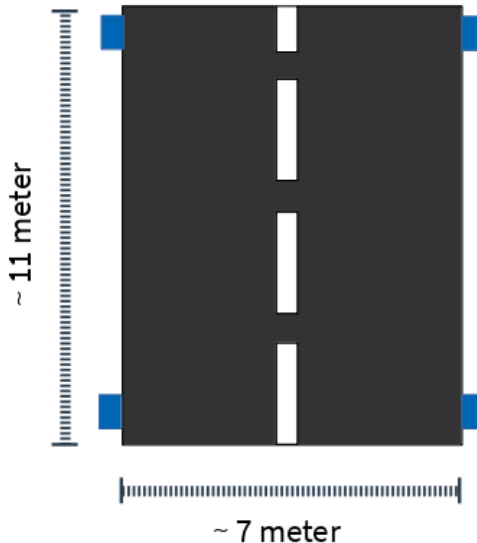
Data video yang digunakan pada penelitian ini berupa video aerial arus lalu lintas di jalan raya ITS. Jalan Raya ITS termasuk pada jenis jalan raya lokal berdasarkan fungsi, jalan kota berdasarkan administrasi pemerintahan dan jalan kelas III C menurut muatan sumbu. Sisi jalan yang dipilih ialah sebelah barat gedung Grha ITS. Jalur tersebut memiliki empat jalur dengan dua jalur searah. Akuisisi video dilakukan dengan berbeda waktu. Waktu pengambilan video yang diajukan adalah pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari. Selain perbedaan waktu, dilakukan pula pengambilan video perbedaan cuaca, yaitu cerah dan mendung. Pada Gambar 3.4, lingkaran merah menunjukkan lokasi untuk akuisisi data video aerial.



**Gambar 3.4:** Lokasi akuisisi data.



### 3.3.4 Pemasangan Penanda



**Gambar 3.5:** Pemasangan penanda pada pinggir jalan.

Pemasangan penanda dilakukan sebelum pesawat tanpa awak diterbangkan, Ukuran jarak panjang penanda disesuaikan dengan panjang kendaraan roda empat yang memiliki panjang hingga lima meter. Sedangkan untuk ukuran lebar penanda mengikuti lebar dari jalan yang akan direkam. Pada Gambar 3.5, penentuan panjang penanda ditentukan sebelas meter. Sementara itu, lebar penanda tujuh meter. Agar penanda tidak terbang karena terpaan angin dari kendaraan. Penanda dibuat menggunakan papan yang diberi pemberat.

### 3.3.5 Perekaman Video Aerial

Perekaman video aerial dilakukan sesuai kebutuhan untuk pengujian. Perekaman video aerial dilakukan secara berurutan dengan beberapa detik. Terdapat tiga skenario perekaman video aerial yaitu perbedaan resolusi, perbedaan *fps*, dan perbedaan waktu dengan

kondisi cuaca mendung dan cerah. Ukuran resolusi yang diajukan adalah 1980x1080 piksel dan 1280x720 piksel. Untuk jumlah *fps* yaitu 24 *fps*, 30 *fps* dan 60 *fps*. Sementara itu untuk perbedaan waktu, diajukan pengambilan data pada waktu pagi, siang, sore, dan malam.



**Gambar 3.6:** Contoh citra aerial lalu lintas Jalan Raya ITS pada siang hari.

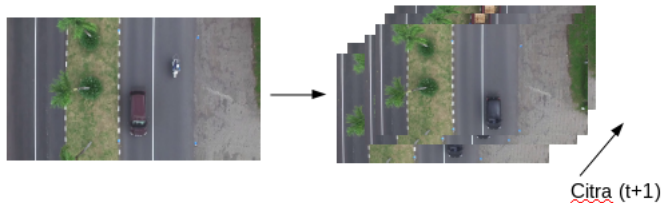


**Gambar 3.7:** Contoh citra aerial lalu lintas Jalan Raya ITS pada malam hari.

Pesawat tanpa awak diterbangkan pada ketinggian sebelas (15) meter yang diposisikan di tengah jalan. Ketinggian tersebut dipilih untuk menghindari kendaraan yang tinggi dan pepohonan di sebelah kanan dan kiri jalan. Kecepatan pesawat tanpa awak pada bidang horizontal dan pada bidang vertikal yakni 0 meter/detik. Pada saat pengambilan data, cuaca di sekitar lokasi perekaman video aerial mudah berubah. Perubahan cuaca berdampak pada pencahayaan. Ketika mendung, pencahayaan pada lokasi menjadi lebih gelap daripada ketika cerah atau cerah berawan. Selain itu, angin dapat menyebabkan perpindahan posisi pesawat tanpa awak.

### 3.4 Ekstraksi Citra

Ekstraksi citra merupakan adalah decode data video menjadi satuan citra. Video merupakan citra yang berjalan pada jumlah *fps* tertentu. Proses ekstraksi citra dilakukan setelah data masukkan di muat dalam program. Proses ekstraksi citra dilakukan secara terus menerus dari citra awal ( $t+1$ ) hingga citra yang dikehendaki ( $t+n$ ). Sehingga pada langkah selanjutnya yang diproses adalah setiap citra yang diekstraksi.

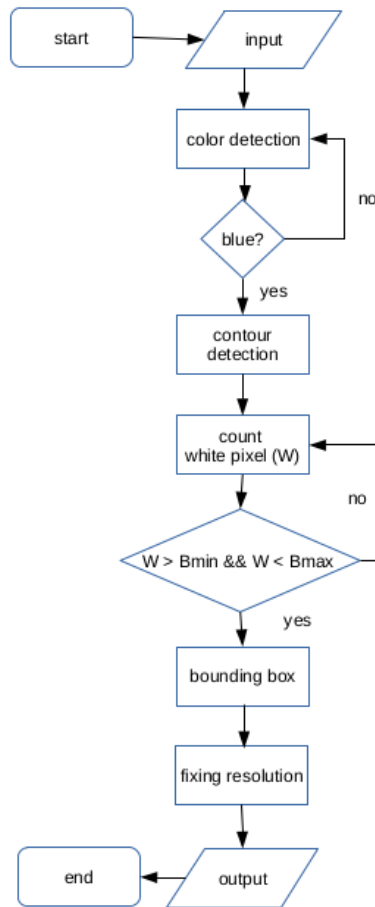


**Gambar 3.8:** Proses ekstraksi citra.

Pada Gambar 3.8 menunjukkan ilustrasi proses ekstraksi citra dari sebuah video. Gambar kiri merupakan data masukan berupa video aerial. Sedangkan gambar kiri merupakan ilustrasi dari beberapa citra yang terekstraksi. Jumlah citra yang diekstraksi memiliki hubungan dengan *fps*. *Fps* merupakan jumlah citra dalam satu detik. Sehingga jika dalam lima menit video terdapat sembilan ribu citra yang terekstrak.

### 3.5 Pemotongan Citra

Pada subbab ini dijelaskan mengenai proses pemotongan citra atau *image cropping*. Data masukan yaitu setiap citra yang telah diekstraksi. Diagram alir ditunjukkan pada Gambar 3.9. Proses *image cropping* dibagi menjadi beberapa proses.



**Gambar 3.9:** Diagram alir proses *image cropping*.

Video aerial yang didapatkan dengan kamera berbasis pesawat tanpa awak dimana pada kamera tersebut menggunakan lensa sudut lebar agar mencakup area yang luas. Semakin tinggi pesawat tanpa awak terbang, maka semakin luas pula *aerial view* yang didapatkan. Pengambilan data *aerial video* memposisikan pesawat tanpa awak pada ketinggian sebelas (15) meter dari permukaan jalan. Dengan ketinggian itu, cakupan area cukup luas namun tidak semua area dalam citra diperlukan untuk diproses. Oleh karena itu, diperlukan *cropping* terhadap area pada citra yang dianggap penting.

### 3.5.1 Deteksi Warna Penanda

Deteksi warna atau *olor detection* dilakukan untuk menyeleksi warna pada penanda yang dipasang pada pinggir jalan. Warna pada penanda telah disesuaikan yakni biru. Proses dimulai dengan mengkloning data *Mat* dari citra hasil ekstraksi ke variabel data *Mat* untuk deteksi warna. Setelah itu, dilakukan konversi ruang warna *bgr* ke ruang warna *hsv*. Ruang warna *hsv* dipilih karena interpretasinya sama dengan warna yang dilihat oleh mata manusia. Gambar 3.10 merupakan citra masukkan untuk dideteksi warna penanda.



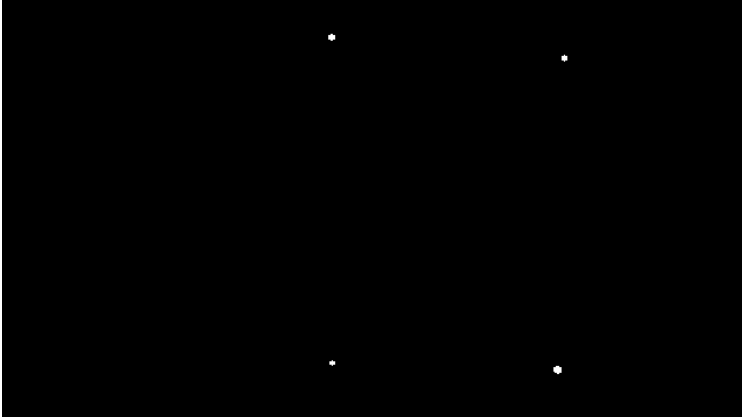
**Gambar 3.10:** Citra masukkan.

Pencarian warna pada penanda dilakukan dengan bantuan *slider*. Pada *slider* terdapat variabel nilai *hue*, *saturation* dan *value*. Masing-masing variabel nilai tersebut memiliki rentang nilai atas dan rentang nilai bawah. Kemudian nilai *hue*, *saturation* dan *value* diterapkan ke dalam citra masukkan yang sudah dikonversi ke ruang warna *hsv*. Setelah itu diterapkan *thresholding* untuk menyegmentasi citra sesuai warna yang dideteksi menjadi citra biner. Untuk menghilangkan *noise* maka dilakukan proses erosi. Proses erosi mengakibatkan *noise* yang berukuran kecil dapat dihilangkan. Selanjutnya dilakukan proses dilasi yang digunakan untuk mempertegas ukuran piksel.



**Gambar 3.11:** Citra biner yang masih kurang tepat pendeteksiannya.

Pada Gambar 3.11, warna penanda sudah terdeteksi namun masih terdapat bagian lain dengan warna lain yang ikut terdeteksi. Hal tersebut disebabkan oleh rentang nilai variabel *hue*, *saturation* dan *value* yang masih lebar. Sehingga nilai variabel tersebut perlu dipersempit lagi. Gambar 3.12 menunjukkan penanda sudah berhasil dideteksi sempurna.



**Gambar 3.12:** Citra biner hasil deteksi warna pada penanda.

### 3.5.2 Pemberian Kontur pada Penanda

Hasil proses pendeteksian warna penanda merupakan keluaran yang digunakan untuk mendapatkan koordinat  $x$ ,  $y$  masing-masing penanda. Kumpulan piksel biner yang terdeteksi dibentuk konturnya. Pencarian kontur dilakukan dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Kontur yang terdeteksi pada bagian kiri atas merupakan jangkar dari bidang persegi yang kemudian ditarik sisi kanan dan bawah. Setidaknya terdapat tiga (3) buah penanda yang terdeteksi agar bidang persegi bisa dibentuk bidang persegi dimana memiliki variabel koordinat  $(x,y)$  (titik penanda pada bagian kiri atas), *height* dan *weight*. Rumus 3.1 merupakan rumus momen [14] untuk mencari nilai tengah untuk nilai koordinat  $(x, y)$  pada penanda.

$$x = \frac{m_{10}}{m_{00}}, y = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (3.1)$$

### 3.5.3 Pembentukan Ruang Lingkup Pemotongan Citra

Pembentukan ruang lingkup atau *bounding box* merupakan pembuatan bidang persegi pada suatu daerah dalam citra. Pembuatan bidang persegi memerlukan data koordinat  $(x,y)$  penanda yang bertempat di bagian paling kiri atas sebagai jangkar. Selain itu dibutuhkan variabel *height* dan *weight* yang telah didapatkan pada proses pemberian kontur pada penanda. Setelah variabel di atas telah terpenuhi maka bidang persegi dapat dibentuk dan digunakan sebagai batas pemotongan citra.



(a) Deteksi penanda pada *frame*. (b) Pendanda yang berhasil terseleksi.

**Gambar 3.13:** Proses seleksi penanda.

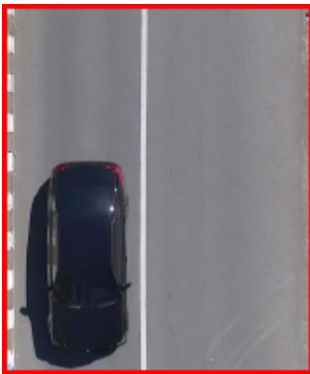
Gambar 3.13.b merupakan citra yang terseleksi daerahnya menurut penanda. Bentuk persegi warna merah adalah hasil dari pembentukan bidang persegi berdasarkan area yang terbentuk dari empat titik penanda (Gambar3.13.a). Bentuk dan ukuran bidang persegi tersebut dapat berbeda-beda. Perbedaan bentuk dan ukuran disebabkan oleh adanya perbedaan skala dari citra aerial.

### 3.5.4 Pemotongan Region yang Terseleksi

Proses pemotongan citra dilakukan pada setiap citra secara terus menerus. Terdapat penanda yang telah dipasang dipinggir jalan sebagai penanda. Penanda tersebut digunakan untuk referensi berbentuk persegi untuk pemotongan citra. Meskipun pemotongan citra telah berhasil dilakukan, terdapat masalah baru yang muncul. Luas wilayah hasil pemotongan citra tidak selalu sama pada setiap citra.



Gambar 3.14 menunjukkan adanya perbedaan ukuran citra. Pada Gambar 3.14.a lebih kecil daripada Gambar 3.14.b. Perbedaan ukuran tersebut tidak begitu nampak karena pesawat tanpa awak hanya bergerak karena pengaruh dari angin. Bergeraknya pesawat tanpa awak otomatis menyebabkan kamera yang terpasang ikut bergerak meskipun kamera telah dilengkapi dengan gimbal. Kondisi tersebut menghasilkan perbedaan skala pada citra aerial yang berimbas pada ukuran citra hasil *cropping*.



(a) Citra pada waktu  $(t+1)$ .



(b) Citra pada waktu  $(t+n)$

**Gambar 3.14:** Perbedaan ukuran citra hasil *cropping*.

### 3.5.5 Perbaikan Ukuran Resolusi

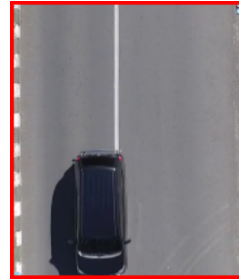
Ukuran piksel hasil proses pembentukan citra yang telah dipotong ukuran lebar dan tingginya tidak selalu sama. Ukuran tersebut dipengaruhi oleh perbedaan skala dan kecondongan citra terhadap penanda yang terpasang. Perbedaan ukuran resolusi berakibat tidak dapat dilakukannya *background reconstruction*.

Penyetaraan semua ukuran citra hasil *cropping* menjadi satu ukuran resolusi dapat dilakukan dengan normalisasi citra. Dalam proses ini terjadi penyesuaian skala citra terhadap ukuran resolusi target. Pada proses normalisasi ini citra dengan ukuran resolusi lebih kecil daripada resolusi target maka dilakukan pembesaran ke

ukuran resolusi target, sedangkan pada citra yang memiliki ukuran resolusi lebih besar daripada resolusi target maka dilakukan pengecilan ke ukuran resolusi target. Pada Gambar 3.15 menunjukkan ukuran resolusi sudah sama.



(a) Citra pada waktu  $(t+1)$ .



(b) Citra pada waktu  $(t+n)$

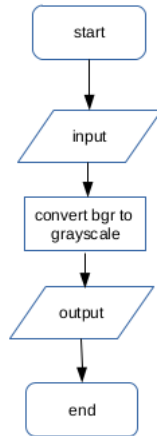
**Gambar 3.15:** Hasil normalisasi ukuran resolusi citra.

Pencarian kontur penanda dilakukan secara acak yang dapat menyebabkan kesalahan pendeteksian penanda. Setiap penanda yang dipasang pada pinggir jalan memiliki luas yang sama. Nilai rata-rata luas dari penanda yang terdeteksi diasumsikan sebagai nilai luas setiap penanda. Gambar 3.16 mengilustrasikan kesalahan deteksi penanda.

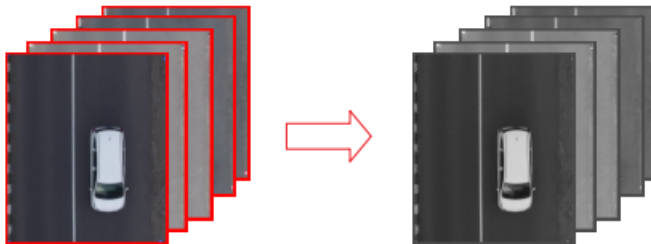


**Gambar 3.16:** Pemotongan citra yang kurang baik akibat kesalahan deteksi penanda.

### 3.6 Konversi Ruang Warna BGR ke Abu-abu



**Gambar 3.17:** Diagram alir proses konversi ruang warna.



**Gambar 3.18:** Proses konversi ruang warna *bgr* ke *grayscale*

Konversi warna dilakukan sebelum proses *background reconstruction*. Gambar 3.17 merupakan diagram alir proses konversi warna. Citra masukan dari proses ini yaitu citra hasil *image cropping*. Citra masukan memiliki ruang warna *bgr*. Pada Gambar 3.18 menunjukkan proses konversi ruang warna dari *bgr* ke *grayscale* atau abu-abu dilakukan secara terus menerus hingga waktu  $(t+n)$ .

Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan nilai derajat warna keabuan dari citra masukan. Konversi citra ke ruang warna abu-abu dilakukan untuk proses *background reconstruction*. *Background reconstruction* membutuhkan citra dengan ruang warna abu-abu sebagai citra masukan.

### 3.7 Pembuatan Citra Latar

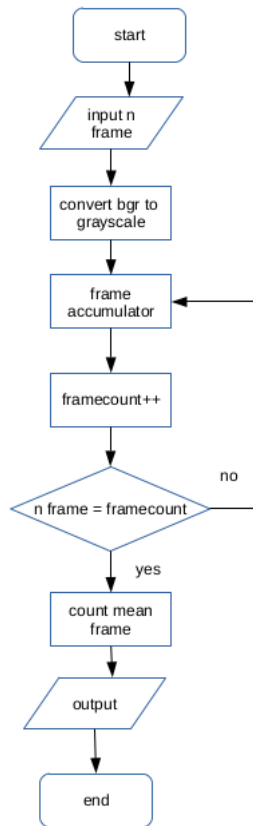
Pembuatan citra latar atau *Background reconstruction* [2] adalah cara untuk membentuk citra latar (*background*) dari suatu citra berjalan. Jenis *background reconstruction* yang digunakan adalah *running average*. Citra latar diperlukan sebagai citra referensi dalam proses *background subtraction*. Gambar 3.19 merupakan diagram alir dari proses pembuatan citra latar. Citra keluaran dari *image cropping* yang ruang warnanya telah dikonversikan ke ruang warna abu-abu digunakan sebagai masukan untuk proses pembuatan citra latar.

Pembuatan citra latar dilakukan dengan menjumlahkan citra yang dimasukkan kemudian dibagi dengan jumlah citra tersebut. Di bawah ini merupakan citra pembuatan citra latar dengan jumlah citra masukan yang berbeda-beda. Jumlah citra masukan yang dicoba yaitu lima puluh citra, seratus citra, dua ratus citra dan tiga ratus citra.

Pada Gambar 3.20, rekonstruksi citra latar yang menggunakan 50 citra sebagai citra masukan menghasilkan citra latar yang cukup gelap. Jika hasil rekonstruksi citra latar pada Gambar 3.20 dibandingkan dengan Gambar 3.21 yang menggunakan 100 citra masukan, maka citra latar Gambar 3.21 terlihat lebih terang. Begitupula dengan citra pada Gambar 3.21 dibandingkan dengan Gambar 3.20 yang menggunakan 200 citra masukan, Gambar 3.23 lebih terang dibandingkan dengan Gambar 3.22.

Penggunaan jumlah citra masukan yang semakin banyak tidak hanya berpengaruh pada kecerahan citra latar namun berpengaruh pada ketajaman dari citra latar tersebut. Citra hasil *image cropping* yang sebelumnya telah dinormalisasi ukuran resolusinya, citra asal sebelum di normalisasi tetaplah memiliki perbedaan ukuran resolusinya. Sehingga dalam pembuatan citra latar jika citra masukan sedikit, maka citra latar yang dihasilkan terlihat kabur.

Sementara itu jika citra masukkan banyak, maka citra latar yang dihasilkan semakin tajam. Hal tersebut terbukti pada Gambar 3.18 dan Gambar 3.21, dimana citra pada Gambar 3.18 dengan jumlah citra masukkan sebanyak lima puluh citra menghasilkan citra latar yang terlihat lebih kabur daripada citra latar pada Gambar 3.21 dengan jumlah citra masukkan sebanyak tiga ratus citra.



**Gambar 3.19:** Diagram alir proses *background reconstruction*.



**Gambar 3.20:** Citra hasil *background reconstruction* dengan jumlah citra masukan sebanyak lima puluh citra.



**Gambar 3.21:** Citra hasil *background reconstruction* dengan jumlah citra masukan sebanyak seratus citra.



**Gambar 3.22:** Citra hasil *background reconstruction* dengan jumlah citra masukan sebanyak dua ratus citra.



**Gambar 3.23:** Citra hasil *background reconstruction* dengan jumlah citra masukan sebanyak tiga ratus citra.

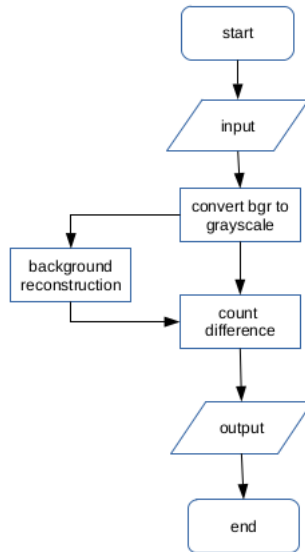
Penggunaan citra nol sebagai akumulator menyebabkan citra latar yang sedikit menggunakan citra masukan yakni lima puluh citra lebih gelap daripada citra latar yang menggunakan citra masukan sebanyak seratus citra. Semakin banyak jumlah citra masukan yang digunakan dalam proses pembuatan citra latar maka hasil citra latar akan semakin terang. Hal tersebut karena nilai rata-rata dari citra latar semakin besar seiring dengan peningkatan jumlah citra masukan yang digunakan. Oleh karena itu, dalam sistem diterapkan *background reconstruction* dengan citra masukkan sebanyak tiga ratus citra.

### 3.8 Subtraksi Citra

Dalam proses subtraksi citra terbagi menjadi dua proses yaitu *background subtraction* dan *thresholding*.

#### 3.8.1 Subtraksi Citra Latar

Subtraksi citra atau *background subtraction* merupakan cara untuk mendapatkan citra )*foreground*. Jenis *background subtraction* yang dipakai adalah *frame difference*. Citra *background* atau citra latar didapatkan dari hasil *background reconstruction*. Proses kerja dari *background subtraction* adalah dengan mengurangi antara citra masukan dengan citra latar. Citra masukan merupakan citra pada waktu  $t+1$ . Sehingga didapatkan perbedaan dari hasil operasi pengurangan. Dari cara tersebut diperoleh citra *foreground*. Gambar 3.24 adalah diagram alir dari *background subtraction*.

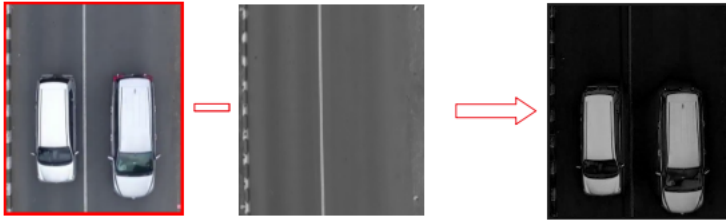


**Gambar 3.24:** Diagram alir proses *background subtraction*.

Proses subtraksi citra dilakukan dengan operasi pengurangan. Pada Gambar 3.25 mengilustrasikan proses subtraksi citra dengan objek kendaraan roda empat. Citra masukan (kiri) berupa *current frame* atau citra pada waktu  $(t+1)$ . Citra masukan tersebut dikurangi dengan citra latar (tengah). Setelah proses pengurangan didapatkan citra *foreground* (kanan).

Percobaan subtraksi citra dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah pembentukan citra latar terhadap hasil subtraksi. Di bawah ini terdapat empat hasil percobaan subtraksi citra dengan menggunakan perbedaan jumlah citra masukan pada citra latar. Perbedaan jumlah citra latar yang diajukan yaitu lima puluh citra, seratus citra, dua ratus citra dan tiga ratus citra.

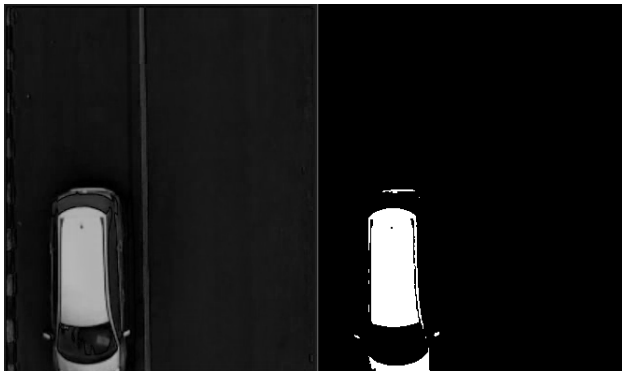




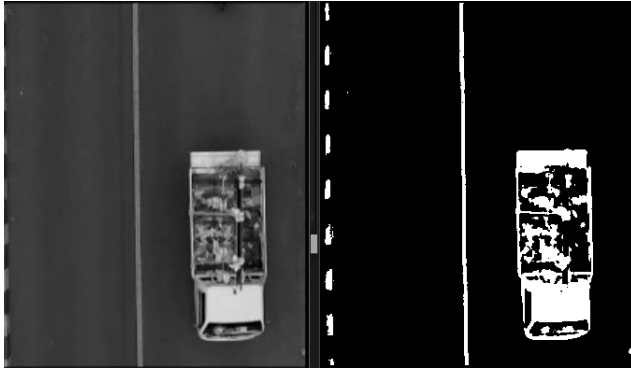
**Gambar 3.25:** Citra hasil *background reconstruction* dengan jumlah citra masukan sebanyak tiga ratus citra.



**Gambar 3.26:** Citra hasil *background subtraction* dengan menggunakan citra latar sebanyak lima puluh citra.



**Gambar 3.29:** Citra hasil *background subtraction* dengan menggunakan citra latar sebanyak tiga ratus citra.



**Gambar 3.27:** Citra hasil *background subtraction* dengan menggunakan citra latar seratus citra.



**Gambar 3.28:** Citra hasil *background subtraction* dengan menggunakan citra latar sebanyak dua ratus citra.

Dari kiri ke kanan merupakan serangkaian proses yang dimulai dari proses subtraksi citra *foreground* dan proses *threshold*. Nilai ambang yang digunakan dalam proses *thresholding* adalah seratus. Pada Gambar 3.26, hasil dilasi dari citra subtraksi masih terlihat *noise* yaitu marka jalan dan blok paving di pinggir jalan. Gambar 3.27, *noise* masih terlihat namun sudah berkurang. Untuk Gambar 3.28 dan 3.29 sudah tidak terlihat lagi *noise* yang bersumber dari

marka dan paving pinggir jalan.

Penggunaan bentukan citra latar dengan jumlah kurang dari dua ratus citra masih menimbulkan *noise* sementara citra dengan jumlah bentukan lebih dari sama dengan dua ratus citra *noise* sudah mulai tidak tampak. Dengan demikian, semakin banyak citra yang digunakan dalam pembetulan citra latar akan berpengaruh pada proses subtraksi citra. Dimana semakin banyak bentukan jumlah citra latar maka hasil akhirnya akan semakin baik.

### 3.8.2 Subtraksi Citra Biner

Citra *foreground* yang dihasilkan oleh *background subtraction* merupakan citra *grayscale* dimana memiliki derajat nilai warna keabuan yang beragam. Diperlukan proses subtraksi citra biner atau (*thresholding*) pada citra *foreground* untuk mengubahnya menjadi citra hitam-putih atau *binary image*. Proses *thresholding* dilakukan dengan cara mengubah nilai piksel pada citra dengan nilai piksel yang diinginkan. Dimana nilai piksel tujuan yaitu 255 atau berwarna putih. Nilai piksel diganti dengan nilai piksel yang baru jika nilai piksel pada koordinat  $(x,y)$  telah melebihi nilai ambang atau *thresh value*.



(a) Citra keabuan.

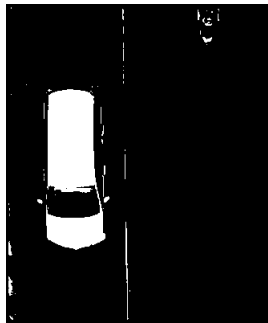


(b) Hasil proses *background subtraction*.

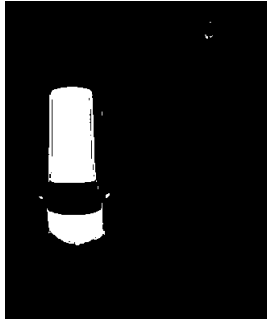
**Gambar 3.30:** Citra sebelum proses *thresholding*.

Percobaan nilai ambang (*thresh*) dilakukan untuk mengetahui pengaruh derajat nilai warna keabuan yang digunakan sebagai nilai ambang batas terhadap binerisasi citra. Data masukan yaitu citra *foreground* yang merupakan hasil proses *background subtraction*. Derajat nilai warna keabuan yang diajukan adalah lima puluh, seratus, dan seratus lima puluh. Keluaran dari proses *thresholding* adalah citra biner (255).

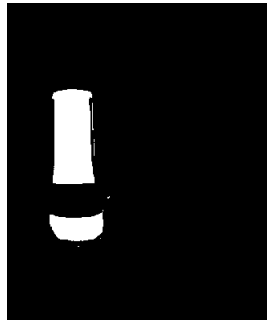
Pada Gambar 3.31, proses *thresholding* menggunakan nilai ambang 50 menghasilkan citra biner dengan *noise* masih terlihat. Objek kendaraan terlihat yakni mobil dan motor. *Noise* tersebut merupakan marka tengah jalan dan paving yang berada di tengah jalan. *Noise* muncul karena data masukan bergoyang. Gambar 3.32, *noise* sudah tidak terlihat namun bagian objek berkurang dari hasil yang sebelumnya. Bentuk objek terlihat semakin mengecil. Untuk objek motor hanya terlihat bagian sepatbor yang terbinerisasi. Gambar 3.33 menunjukkan hasil *thresholding* yang kurang baik karena objek motor hilang dari citra meskipun *noise* dapat dihilangkan.



**Gambar 3.31:** Citra hasil *thresholding* dengan nilai ambang lima puluh.



**Gambar 3.32:** Citra hasil *thresholding* dengan nilai ambang seratus.

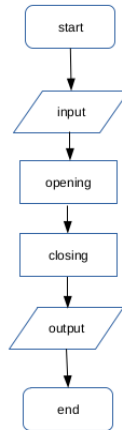


**Gambar 3.33:** Citra hasil *thresholding* dengan nilai ambang seratus lima puluh.

Penggunaan nilai ambang dalam proses *thresholding* sangat berpengaruh. Nilai ambang lima puluh dimana merupakan nilai ambang terkecil dalam pengujian ini masih menyisakan *noise*. Nilai ambang seratus, *noise* sudah menghilang namun bentuk objek terkikis. Kemudian ketika nilai ambang seratus lima puluh diterapkan menghasilkan citra dengan objek motor hilang. Penggunaan nilai ambang seratus dinilai cukup baik pada percobaan nilai ambang *thresh* pada proses *thresholding*.

### 3.9 Operasi Morfologi

Operasi morfologi atau *morphological operation* merupakan bentuk filter yang berguna untuk membersihkan citra hasil *thresholding* dari *noise* [2]. Dalam penelitian ini digunakan dua macam *morphological operation*, yakni *closing* dan *opening*. Kedua proses tersebut membutuhkan *kernel* atau *structur element* sebagai operasinya. Gambar 3.34 merupakan diagram alir dari proses *morphological operation* yang digunakan. Proses dimulai dengan memuat citra masukan, proses *opening*, proses *closing* dan menghasilkan citra keluaran.

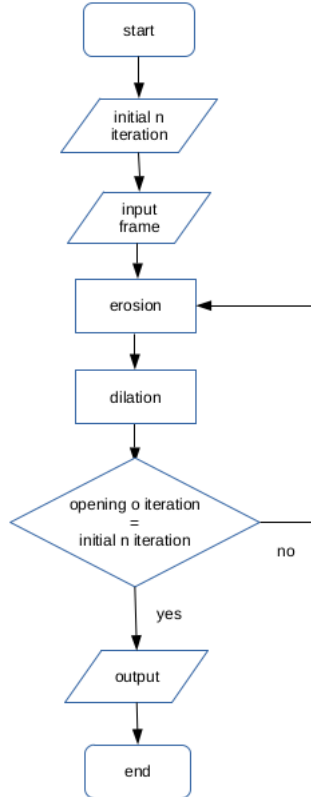


**Gambar 3.34:** Diagram alir proses *morphological operation* yang diajukan.

#### 3.9.1 *Opening*

*Opening* merupakan operasi *morphological operation* pada suatu citra dengan dilakukan proses erosi yang diikuti dengan dilasi. Ukuran *kernel* yang digunakan sama baik erosi dan dilasi yaitu 3x3 dengan bentuk *rectangle*. Proses *opening* membutuhkan citra masukan yakni citra biner hasil proses *thresholding* dan sebuah *kernel*. Rumus 3.2 adalah rumus dari operasi proses *opening*.

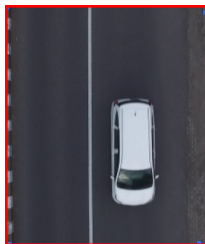
$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (3.2)$$



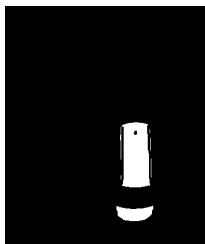
**Gambar 3.35:** Diagram alir proses *opening*.

Gambar 3.35 yaitu diagram alir proses opening. Dilakukan percobaan *opening* untuk mengetahui pengaruh jumlah iterasi pada proses *opening*. Terdapat tiga perbedaan jumlah iterasi yaitu iterasi

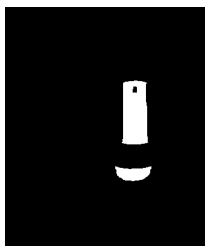
satu kali, empat kali dan tujuh kali. Pada proses *opening*, *kernel* yang digunakan yaitu berukuran 3x3 dengan jenis *rectangle*. Pada Gambar 3.36 disertakan pula citra asal sebagai pembandingan.



**Gambar 3.36:** Citra masukan sebelum proses *opening*.

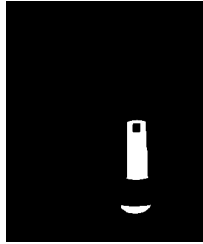


**Gambar 3.37:** Citra hasil *opening* dengan iterasi satu kali.



**Gambar 3.38:** Citra hasil *opening* dengan iterasi empat kali.





**Gambar 3.39:** Citra hasil *opening* dengan iterasi tujuh kali.

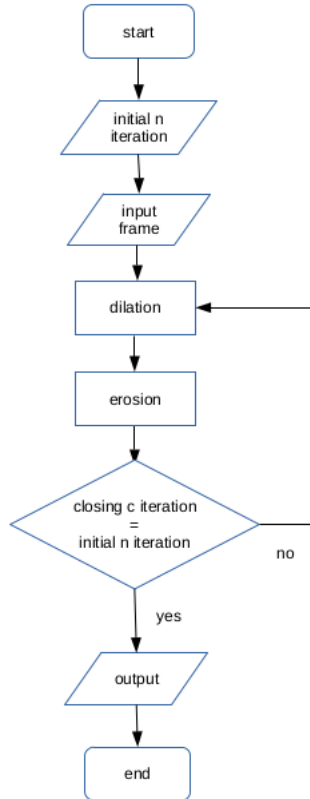
Terdapat perbedaan hasil proses *opening* berdasarkan perbedaan jumlah iterasi. Gambar 3.37 dimana proses *opening* menggunakan satu kali iterasi menunjukkan citra hasil proses *opening* yang lebih padat dibanding yang lain. Gambar 3.38 dengan jumlah iterasi empat kali menghasilkan citra kendaraan yang lebih terkikis daripada citra pada Gambar 3.37. Sementara pada Gambar 3.39 dimana menggunakan jumlah iterasi sebanyak tujuh kali pada proses *opening* menghasilkan citra yang lebih terkikis daripada citra pada Gambar 3.38.

Berdasarkan percobaan proses *opening* dengan perbedaan jumlah iterasi terdapat pengaruhnya. Dimana semakin banyak jumlah iterasi proses *opening* maka citra biner menjadi semakin terkikis. Sehingga proses *opening* lebih bermanfaat untuk menghilangkan citra yang tidak diinginkan karena sifatnya yang mengurangi nilai citra biner. Oleh karena itu, pada sistem diaplikasikan proses *opening* dengan jumlah iterasi sebanyak satu kali.

### 3.9.2 *Closing*

Proses *closing* merupakan kebalikan dari proses *opening*. Pada proses *Closing* dilakukan operasi *morphological operation* pada suatu citra dengan dilakukan proses dilasi yang diikuti dengan erosi. Ukuran *kernel* yang digunakan sama baik erosi dan dilasi yaitu 3x3 dengan bentuk *rectangle*. Proses *closing* membutuhkan citra masukan yakni citra biner hasil proses *thresholding* dan sebuah *kernel*. Rumus 3.3 adalah rumus operasi *closing* dan Gambar 3.40 merupakan diagram alir dari proses *closing*.

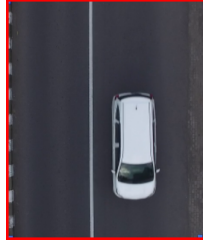
$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3.3)$$



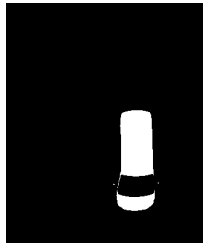
**Gambar 3.40:** Diagram alir proses *closing*.

Pada bagian ini dilakukan percobaan *closing* untuk mengetahui pengaruh jumlah iterasi pada proses *closing*. Terdapat tiga perbedaan jumlah iterasi yaitu iterasi satu kali, empat kali dan tu-

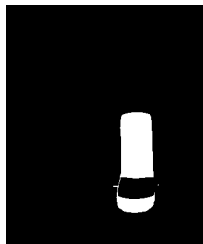
juh kali. Gambar 4.1 merupakan citra masukan pada proses ini.



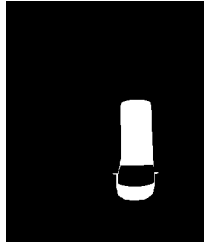
**Gambar 3.41:** Citra masukan sebelum proses *opening*.



**Gambar 3.42:** Citra hasil *closing* dengan iterasi satu kali.



**Gambar 3.43:** Citra hasil *closing* dengan iterasi empat kali.



**Gambar 3.44:** Citra hasil *closing* dengan iterasi tujuh kali.

Dari citra hasil proses *closing* dengan perbedaan jumlah iterasi, terlihat perbedaan kecil pada setiap citra. Gambar 3.42 menunjukkan hasil proses *closing* sudah halus. Pada citra tersebut bentuk mobil hasil proses *closing* hampir menyerupai dengan bentuk mobil yang aslinya. Dimana lekukan-lekukan pada bagian badan mobil sangat halus. Selain itu pada bagian sirip hiu mobil terisi dengan piksel biner. Pada Gambar 3.43 terjadi penebalan citra biner pada bagian citra mobil yaitu kaca spion. Selanjutnya pada Gambar 3.44, citra yang dihasilkan mengalami penebalan citra biner pada bagian sambungan kaca mobil.

Berdasarkan percobaan proses *closing* dengan perbedaan jumlah iterasi terdapat pengaruh yang tidak signifikan. Dimana semakin banyak jumlah iterasi proses *closing* maka citra biner menjadi semakin menebal. Sehingga proses *closing* lebih bermanfaat untuk mengisi ruang kosong yang bertetangga dengan citra biner. Sehingga pada sistem diterapkan proses *closing* sebanyak empat kali iterasi.

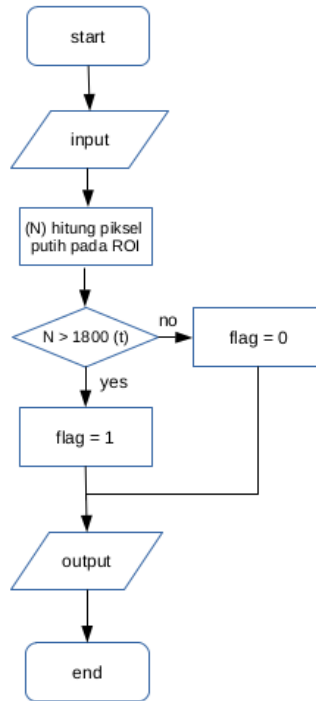
### 3.10 Deteksi Kendaraan Bermotor

Pada proses pendeteksian kendaraan, proses dibagi menjadi dua prosedur yaitu deteksi kendaraan beroda empat dan perhitungan kendaraan beroda empat.

#### 3.10.1 Deteksi Kendaraan Bermotor Roda Empat

Blok diagram alur pendeteksian kendaraan bermotor roda empat dapat dilihat pada Gambar 3.45. Citra masukan yaitu citra hasil proses *closing*. Pendeteksian kendaraan dilakukan dengan mem-

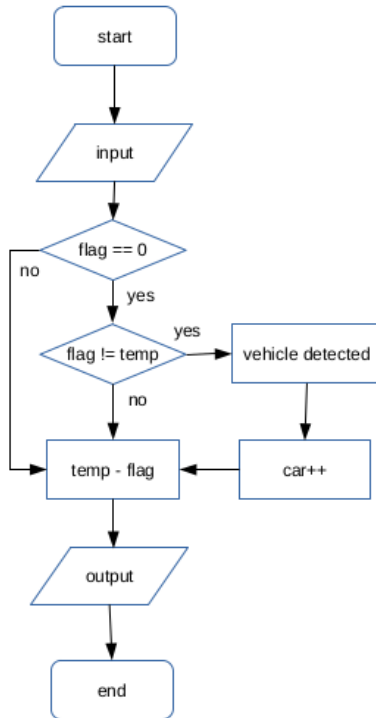
bandingkan jumlah piksel warna putih (255) pada ROI dengan nilai ambang ( $t$ ).



**Gambar 3.45:** Diagram alir pendeteksian kendaraan roda empat.

Proses pendeteksian dimulai dengan dihitungnya jumlah nilai  $N$  piksel putih pada area deteksi. Nilai  $n$  tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai ambang kendaraan roda empat ( $t = 1800$ ). Jika nilai  $N$  lebih besar dari nilai ambang kendaraan ( $t$ ) maka nilai  $flag = 1$ . Nilai  $flag = 1$  dikatakan ada kendaraan roda empat yang terdeteksi. Jika nilai  $N$  kurang dari nilai ambang kendaraan ( $t$ ), maka nilai  $flag = 0$  yang artinya tidak terdeteksi kendaraan beroda empat.

### 3.10.2 Penghitungan Jumlah Kendaraan Roda Empat



**Gambar 3.46:** Diagram alir proses penghitungan jumlah kendaraan

Gambar 3.46 merupakan diagram alir dari proses perhitungan jumlah kendaraan bermotor roda empat. Status kendaraan dianggap terdeteksi selama nilai *flag* = 1 meskipun citra terus berjalan. Nilai *flag* berubah jika pada ROI tidak ada piksel berwarna putih. Jika nilai *flag* berganti dari 1 ke 0, maka diasumsikan bahwa kendaraan sudah melintas area deteksi.

Penghitungan jumlah kendaraan dilakukan selama *flag* pada ROI berbeda dengan nilai *flag* yang sebelumnya. Setelah dilakukan

perhitungan jumlah kendaraan, dilanjutkan dengan merubah nilai *flag* yakni dari 1 ke 0. Nilai *flag* = 1 dianggap terdapat kendaraan yang sedang melintas dan merupakan kendaraan yang sama. Kemudian kendaraan tersebut dihitung dengan jumlah satu setiap kendaraan roda empat yang terdeteksi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dipaparkan hasil pengujian serta analisa dari desain sistem dan implementasi. Data yang digunakan dalam pengujian adalah data aerial video yang direkam dengan kamera pada pesawat tanpa awak. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian dengan Perbedaan Jumlah FPS.
2. Pengujian dengan Perbedaan Ukuran Resolusi Citra.
3. Pengujian dengan Perbedaan Waktu Akusisi Data.

Dengan pengujian tersebut, sehingga dapat ditarik beberapa kesimpulan dari pelaksanaan tugas akhir ini.

#### 4.1 Pengujian dengan Perbedaan Jumlah *FPS*

Pengujian dengan perbedaan jumlah *fps* bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah *fps* pada hasil perhitungan jumlah kendaraan. Pengujian ini dilakukan juga untuk mengetahui pengaruh jumlah *fps* terhadap waktu eksekusi pada setiap citra. Semakin besar jumlah *fps* menghasilkan kondisi perekaman video mendekati kondisi pergerakan asli. Terdapat tiga data video dengan jumlah *fps* yang berbeda. Jumlah *fps* yang diuji yakni 24 *fps*, 30 *fps* dan 60 *fps*. Resolusi yang digunakan dalam pengujian ini yaitu 1280x720 piksel. Hasil pengujian perhitungan jumlah kendaraan dengan perbedaan jumlah *fps* disajikan pada Tabel 4.1.

Berdasarkan hasil pengujian perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan perbedaan jumlah *fps* pada Tabel 4.1, dapat dikatakan jumlah *fps* mempengaruhi perhitungan jumlah kendaraan. Video dengan jumlah *fps* 30 menghasilkan rata-rata galat absolut sebesar 14.85% yang lebih kecil daripada rata-rata galat absolut pada video dengan jumlah *fps* 24 yaitu 15.01% dan pada video dengan jumlah *fps* 60 yaitu 18.19%. Selain itu, hasil perhitungan dipengaruhi oleh kondisi cuaca saat akusisi data. Pada kondisi cuaca cerah berawan, didapatkan rata-rata galat absolut sebesar 5.83% sedangkan pada kondisi mendung didapatkan rata-rata galat absolut sebesar 21.12%.

**Tabel 4.1:** Hasil perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan perbedaan jumlah *fps*.

FPS	Video	Kondisi Cuaca	Terhitung	Manual	Galat (%)
24	Video 1	Mendung	31	41	21,95
	Video 2	Mendung	41	34	20,58
	Video 3	Cerah Berawan	41	40	2,50
30	Video 1	Mendung	33	41	19,51
	Video 2	Mendung	40	34	17,64
	Video 3	Cerah Berawan	37	40	7,50
60	Video 1	Mendung	34	41	17,07
	Video 2	Mendung	46	34	30,00
	Video 3	Cerah Berawan	37	40	7,50

Selain digunakan untuk mengetahui pengaruh jumlah perhitungan, pengujian dengan perbedaan jumlah *fps* juga digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap waktu eksekusi program. Waktu eksekusi program dilakukan dalam satu kali siklus proses pada satu citra. Pengujian dilakukan dengan menghitung waktu yang dibutuhkan program pada semua proses yang dimulai dari ekstraksi citra, *image cropping*, *thresholding*, *background subtraction* hingga pendeteksian, kecuali *background reconstruction*. Hasil perhitungan waktu eksekusi program disuguhkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2:** Hasil waktu eksekusi program berdasarkan perbedaan *fps*.

FPS	Video	Waktu (ms)
24	Video 1	10.630
	Video 2	10.231
	Video 3	10.552
30	Video 1	10.778
	Video 2	10.409
	Video 3	10.047
60	Video 1	11.983
	Video 2	12.196
	Video 3	12.303

Dari hasil perhitungan waktu eksekusi program dalam satu siklus pada Tabel 4.2, waktu yang diperlukan program untuk sekali proses tidak selalu mengalami kenaikan dengan semakin banyak jumlah *fps*. Dari data pada Tabel 4.2, waktu yang diperlukan untuk memproses pada video dengan *fps* 24 dan *fps* 30 hampir sama. Sedangkan pada video dengan *fps* 60 membutuhkan waktu yang lebih lama daripada video dengan jumlah *fps* 24 dan 30.

## 4.2 Pengujian dengan Perbedaan Ukuran Resolusi Citra

Pengujian dengan perbedaan ukuran resolusi digunakan untuk mengetahui pengaruh resolusi citra terhadap perhitungan jumlah kendaraan dan waktu eksekusi program. Ukuran video yang digunakan dalam pengujian ini yaitu resolusi 1280x720 piksel dan 1920x1080 piksel. Kedua video uji menggunakan perekaman video 24 *fps*. Hasil pengujian perhitungan program berdasarkan perbedaan ukuran resolusi citra ditampilkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3:** Hasil perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan perbedaan resolusi citra.

Resolusi	Video	Kondisi Cuaca	Terhitung	Manual	Galat (%)
1280x720	Video 1	Mendung	30	41	26.82
	Video 2	Mendung	42	34	23.52
	Video 3	Cerah Berawan	41	40	2.50
1920x1080	Video 1	Mendung	32	41	21.95
	Video 2	Mendung	42	34	23.52
	Video 3	Cerah Berawan	44	40	10.00

Berdasarkan hasil pengujian perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan perbedaan ukuran resolusi pada Tabel 4.3, ukuran resolusi berpengaruh pada hasil perhitungan jumlah kendaraan. Dari data Tabel 4.3, perhitungan jumlah kendaraan dengan ukuran resolusi 1280x720 piksel menghasilkan rata-rat galat absolut sebesar 17.61% dimana lebih kecil dari perhitungan jumlah kendaraan dengan ukuran resolusi 1920x1080 piksel dengan rata-rata galat absolut sebesar 18.49%. Perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan

perbedaan ukuran resolusi juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca saat akusisi data. Dimana ketika kondisi cerah berawan didapatkan rata-rata galat absolut sebesar 7.5% dan ketika mendung didapatkan rata-rata galat absolut sebesar 23.95%.

Pada pengujian berdasarkan perbedaan ukuran resolusi citra, dilakukan pula pengukuran waktu eksekusi program. Perhitungan waktu eksekusi dilakukan sebanyak satu siklus mulai dari ekstraksi citra, *background subtraction*, *thresholding* hingga deteksi kendaraan. Hasil pengukuran waktu eksekusi ditampilkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4:** Hasil waktu eksekusi program berdasarkan perbedaan resolusi citra.

Resolusi	Video	Waktu (ms)
1280x720	Video 1	10.323
	Video 2	10.984
	Video 3	11.305
1920x1080	Video 1	12.449
	Video 2	12.146
	Video 3	12.662

Dari Tabel 4.4, pengaruh ukuran resolusi citra terhadap lamanya waktu eksekusi program cukup berpengaruh. Dari data Tabel 2.2, rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem untuk memproses citra dalam satu siklus untuk resolusi 1280x720 piksel menghasilkan 10.870 ms. Sedangkan pada resolusi 1920x1080 piksel membutuhkan waktu eksekusi sebesar 12.419 ms. Dapat disimpulkan bahwa jika semakin besar resolusi yang digunakan, maka waktu yang diperlukan juga semakin besar.

### 4.3 Pengujian dengan Perbedaan Waktu Akusisi Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu akusisi data terhadap perhitungan jumlah kendaraan. Pengambilan data uji dilakukan pada empat waktu, yaitu pagi (09.00 WIB), siang (13.30 WIB), sore (16.30 WIB) dan malam (20.00 WIB). Penggu-

naan ukuran resolusi citra dan jumlah *fps* ketika perekaman dibuat sama. Dengan ukuran resolusi citra 1280x720 piksel pada 24 *fps*. Karena keterbatasan alat, data uji video pada pengujian dengan perbedaan waktu akusisi data hanya terdapat empat video. Setiap satu video mewakili satu waktu akusisi data. Tabel 4.5 merupakan hasil perhitungan jumlah kendaraan pada pengujian ini.

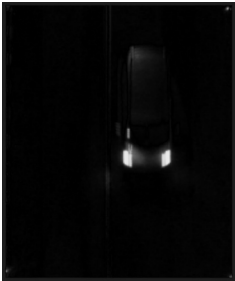
**Tabel 4.5:** Hasil perhitungan jumlah kendaraan dengan perbedaan waktu eksekusi data.

Waktu	Kondisi Cuaca	Terhitung	Manual	Galat (%)
pagi	Mendung	31	40	22.50
siang	Mendung	27	32	15.62
sore	Mendung	30	41	27.50
malam	Mendung	12	20	40.00

Dari Tabel 4.5, didapatkan galat absolut terbesar yaitu pada pengambilan data video pada waktu malam hari dengan galat absolut 40%. Sedangkan paling baik didapatkan ketika pada siang hari yaitu dengan galat absolut 15,62%. Galat absolut pada pagi dan sore hari hampir sama, yaitu 22,50% dan 27,50%. Perbedaan galat absolut antara malam dengan pagi hampir tiga kali lebih besar.



(a) Citra asli sebagai citra masukan.



(b) Citra hasil proses *background subtraction*.

**Gambar 4.1:** Perbandingan citra asli dengan citra hasil *background subtraction*.

Hasil perhitungan jumlah kendaraan pada waktu malam hari paling kecil karena banyak kendaraan tidak terdeteksi. Penyebab dari tidak terdeteksinya kendaraan yaitu warna kendaraan hampir sama dengan pada jalan. Gambar 4.15.a menunjukkan citra asli yang didapatkan pada malam hari, terlihat hampir bagian pada *body* mobil hampir sama dengan warna jalan di sekitarnya.

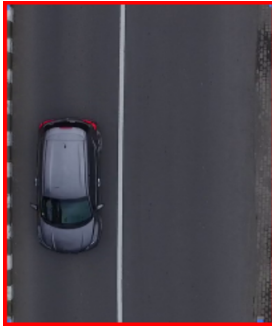
Hasil proses *background subtraction* terlihat bahwa hanya bagian lampu saja yang terekstraksi. Sementara bagian *body* kendaraan terlihat gelap karena diasumsikan warna pada *body* mobil sama dengan warna pada jalan (Gambar 4.15.b). Selanjutnya pada proses *thresholding* hanya menghasilkan luasan dari lampu saja. Sehingga jika nilai luasan lampu kurang dari nilai ambang, objek kendaraan tersebut tidak dapat dideteksi sebagai kendaraan roda empat.

**Tabel 4.6:** Pengaruh warna kendaraan terhadap perhitungan jumlah kendaraan

Video	MT	MM	KT	KM	HT	HM	ST
Video 1	0	1	0	1	0	2	4
Video 2	0	0	0	0	0	1	2
Video 3	0	2	0	0	0	0	7
Jumlah	0	3	0	1	0	3	13
Video	SM	PT	PM	BT	BM	AT	AM
Video 1	4	5	5	0	0	0	3
Video 2	2	5	5	0	0	0	1
Video 3	7	3	3	0	0	0	2
Jumlah	13	13	13	0	0	0	6

Tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan warna pada kendaraan. Keterangan pada Tabel 3.2 yaitu MT = Merah Terhitung, MM = Merah Manual, KT = Kuning Terhitung, KM = Kuning Manual, HT = Hitam Terhitung, HM = Hitam Manual, ST = Silver Terhitung, SM = Silver Manual, PT = Putih Terhitung, PM = Putih Manual, BT = Biru Terhitung, BM = Biru Manual, AT = Abu-abu Terhitung, dan AM = Abu-abu Manual. Terhitung merupakan hasil perhitungan jumlah kendaraan oleh sistem, dan Manual merupakan hasil perhitungan secara cacah ma-

nual. Berdasarkan data tersebut, kendaraan yang berwarna merah, kuning, hitam, dan abu-abu tidak dihitung. Sedangkan warna lain dihitung sempurna.



(a) Citra masukan.



(b) Citra hasil subtraksi.

**Gambar 4.2:** Kendaraan dengan warna abu-abu.

Gambar 4.2 merupakan contoh dari kendaraan yang tidak terhitung oleh sistem karena pengaruh warna pada kendaraan. Gambar 4.2.a adalah citra hasil *image cropping* sebagai citra masukan, kemudian Gambar 4.2.b merupakan citra hasil subtraksi dari citra pada Gambar 4.2.a. Pada Gambar 4.2.b, hasil subtraksi tidak terlaksana dengan baik karena masih menyisakan marka jalan dan tepi jalan. Munculnya marka jalan tersebut dikarenakan video yang bergerak, sehingga hampir selalu terdapat perbedaan antara citra masukan dengan citra *background*. Untuk menghilangkan objek marka pada citra hasil subtraksi, digunakanlah nilai ambang yang tinggi pada *thresholding* ( $t = 100$ ). Efek penggunaan nilai ambang pada *thresholding* yang tinggi menyebabkan citra dengan nilai keabuan dibawahnya menjadi ikut menghilang.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# BAB 5

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan jumlah citra berpengaruh pada hasil perhitungan jumlah kendaraan. Galat absolut pada hasil perhitungan jumlah kendaraan pada video dengan 30 *fps* relatif lebih kecil daripada video dengan jumlah citra sebanyak 24 *fps* dan 60 *fps*. Selain itu semakin banyak jumlah citra dalam *fps* maka waktu yang dibutuhkan untuk memproses satu siklus program semakin bertambah.
2. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan resolusi citra dengan ukuran 1280x720 piksel sudah cukup baik. Galat absolut yang dihasilkan relatif lebih kecil daripada resolusi citra 1980x1080 piksel. Penggunaan ukuran resolusi citra mempengaruhi waktu proses. Dimana semakin besar ukuran resolusi citra maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk memproses satu siklus program.
3. Pengujian aplikasi dengan data video yang diambil pada resolusi 1280x720 piksel dan 24 *fps* berdasarkan waktu dengan cuaca mendung dan tanpa bayangan menghasilkan perhitungan jumlah kendaraan roda empat dengan galat absolut 22,50 % pada pagi hari, 15,62 % pada siang hari, 27,50 % pada sore hari dan 40,00 % pada malam hari.

### 5.2 Saran

Terdapat beberapa saran sebagai langkah lanjutan dari tugas akhir ini yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Perbaikan pada algoritma *image cropping* citra keluaran tidak bergerak. Sehingga pada hasil *background reconstruction* menghasilkan citra latar yang lebih fokus.
2. Pengujian lebih lanjut dengan kondisi lingkungan dengan bayangan dan ketika cuaca cerah.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Umum, Manual Jalan Kapasitas Indonesia (MKJI). Jakarta: Ditjen Bina Marga, 1997. (Dikutip pada halaman 1, 9).
- [2] A. M. A. M. AKBAR, "Traffic ip camera for counting four-wheeled vehicle using area of pixels method," bachelor thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, April 2016. (Dikutip pada halaman 1, 15, 20, 40, 50).
- [3] A. M. Samad, N. Kamarulzaman, M. A. Hamdani, T. A. Mas-tor, and K. A. Hashim, "The potential of unmanned aerial vehicle (uav) for civilian and mapping application," in 2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology, pp. 2457–2461, August 2013. (Dikutip pada halaman 5).
- [4] "Peraturan menteri perhubungan republik indonesia nomor pm 90 tahun 2015." Terakhir diakses pada tanggal 31 Desember 2017. (Dikutip pada halaman 6).
- [5] "Peraturan menteri perhubungan republik indonesia nomor pm 163 tahun 2015." Terakhir diakses pada tanggal 31 Desember 2017. (Dikutip pada halaman 7).
- [6] "Jenis pengambilan sudut pada video aerial." Terakhir diakses pada tanggal 7 Januari 2018. (Dikutip pada halaman 7).
- [7] S. Sukirman, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya. Bandung: Nova, 1994. (Dikutip pada halaman 9).
- [8] "Survey kinerja lalu lintas kota surabaya." Terakhir diakses pada tanggal 27 September 2017. (Dikutip pada halaman 9).
- [9] "Klasifikasi jalan." Terakhir diakses pada tanggal 7 Januari 2018. (Dikutip pada halaman 10).
- [10] Z. Yi and F. Liangzhong, "Moving object detection based on running average background and temporal difference," January 2011. (Dikutip pada halaman 15).

- [11] W. Huang, Y. Kang, and S. Zheng, “An improved frame difference method for moving target detection,” January 2018. (Dikutip pada halaman 17).
- [12] I. K. E. Purnama, A. Zaini, B. N. Putra, and M. Hariadi, “real time vehicle counter system for intelligent transportation system,” November 2009. (Dikutip pada halaman 20).
- [13] P. Hartoto, “Sistem deteksi kecepatan kendaraan bermotor pada real time traffic information system,” bachelor thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, January 2012. (Dikutip pada halaman 20).
- [14] “Contour features.” Terakhir diakses pada tanggal 12 Januari 2018. (Dikutip pada halaman 35).

## BIOGRAFI PENULIS



Susilo Budi Prakoso, lahir di Kendal Jawa Tengah pada tanggal 8 September 1995. Merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis lulus dari SMP 2 Gombong dan melanjutkan ke SMA 1 Prembun, Kebumen. Penulis melanjutkan ke jenjang strata satu di jurusan Teknik Multimedia dan Jaringan ITS yang sekarang telah berganti nama menjadi departemen Teknik Komputer ITS. Dalam masa kuliah, penulis tertarik dengan pengembangan GNU/Linux dan Hackintosh serta memiliki hobi fotografi. Selain itu penulis aktif berorganisasi, yaitu dengan menjadi anggota di Komunitas Arek Linux Suroboyo, anggota di Wildlife Photography Surabaya, staf ahli di Divisi Media JMMI serta menjadi staf ahli bidang fotografi selama dua periode di Divisi Artwork Himpunan Mahasiswa Elektro ITS.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*